

Tapani Särkkä

## Strategiset valtakunnan tason liikennemallit

Yhteenvedo valituista TRB:n vuosikokouksen 2010 esitelmistä



Tapani Särkkä

# Strategiset valtakunnan tason liikennemallit

Yhteenveto valituista TRB:n vuosikokouksen  
2010 esitelmistä

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 5/2010

Liikennevirasto  
Helsinki 2010

*Kannen kuva: Liikenneviraston kuva-arkisto*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-012-5

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373



**Tapani Särkkä: Strategiset valtakunnan tason liikennemallit. Yhteenvedo valituista TRB:n vuosikokouksen 2010 esitelmistä.** Liikennevirasto, liikennejärjestelmäosasto. Helsinki 2010. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 5/2010. 41 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-012-5.

**Avainsanat:** liikenne, liikennemallit, maankäyttö, USA, Transportation Research Board

## Tiivistelmä

Tässä muistiossa on perehdytty TRB:n vuosikokouksessa 2010 esille tuotuihin strategisen tason liikennemalleihin valtakunnan tason ja Liikenneviraston näkökulmasta. Muistiossa on referoitu lyhyesti myös raporttia ”Statewide Travel Demand Models” (NCHRP Synthesis 358), jossa on katsaus Yhdysvaltojen osavaltioiden liikennemallitilanteeseen.

Valtakunnallisen mallin kehittämisen kannalta mielenkiintoinen on Iowan liikennemallin, iTRAM:n kehittämisprosessi: eri intressiosapuolten kuuntelu ja koulutus sekä tarpeiden ja tavoitteiden huomioonottaminen ja yhteensovitus malliarkkitehtuurissa. Myös maankäyttö- ja liikennemallien yhteensovittaminen tuntuu olevan ajankohtaista: ainakin Kaliforniassa, Oregonissa ja Ohiossa on tällaisia hankkeita. Se on kuitenkin vaikeaa. Silti Suomessa kannattaisi vastaavaa yhteensovittamista harkita ja tutkia.

Liikenteen mallintamista on lähestytty myös monitavoitteellisuuden kannalta pyrkimällä korvaamaan lähtötietojen mahdollista huonoa laatua ja toisaalta poistamaan jo alkuvaiheessa hyvin selittävät, mutta muuten epäkelvot mallit (terveen järjen vastaiset). Menetelmä pyrkii siis eroon yritys- ja erehdysmenettelystä korvaamalla sen monitavoitekriteereillä. Menetelmä on saavuttanut rohkaisevia tuloksia. Mielenkiintoinen on myös tilastoihin perustuva vertailu kuuden teollistuneen maan liikenteen kehityksestä. Näyttää siltä, että liikenteen kasvutrendi on taantumassa. Se, sekä ajoneuvokannan uudistuminen ja kasvava energiatehokkuus, saattaa auttaa ajoneuvoliikennettä selviytymään päästövähennystavoitteistaan.

Noin viisi vuotta vanhan tilanteen mukaan noin puolessa Yhdysvaltain osavaltioista oli jonkinlainen laaja liikennemalli. Näiden mallien kehittäminen oli kestänyt 1...8 vuotta ja kehityskustannukset olivat muutamasta sadastatuhannesta dollarista (South Carolina, Georgia, Kentucky) kuuteen miljoonaan (Ohio, 8 v). Näyttää selvältä, että valtakunnan tason liikennemalli vaatii määrätietoisuutta ja riittäviä resursseja sekä aikaa.

TRB:n 2010 vuosikokouksen esitelmien perusteella voi sanoa, ettei mitään selvää linjaa valtakunnantason malleista ole, millaisia niiden pitäisi olla tai mihin suuntaan kehitys on menossa. Joidenkin signaalien perusteella maankäyttö- ja liikennemallien kiinteämpi integrointi näyttää olevan ajankohtaista. Euroopassa esim. Ruotsin Sampersmallin ja Alankomaiden kansallisen liikennemallin (LMS) tarkempi analyysi voisi olla paikallaan.

Liikenneviraston toimenkuvaan kuuluu analyttinen liikennejärjestelmän ymmärtäminen ja siinä liikenteen mallintaminen on avainasemassa: jo itse mallintamisprosessi auttaa ymmärtämään syy- ja seuraussuhteita paremmin ja hyvä malli kertoo ne.

**Tapani Särkkä: Strategiska trafikmodeller på riksnivå: sammandrag av valda föredrag från TRB:s kongress 2010.** Trafikverket, trafiksystemsavdelningen. Helsingfors 2010. Trafikverkets undersökningar och utredningar 5/2010. 41 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-012-5.

## Sammanfattning

Denna studie behandlar de strategiska trafikmodeller som presenterades på TRB:s kongress 2010 på det riksomfattande planet och ur Trafikverkets synvinkel. Här refereras också kort rapporten "Statewide Travel Demand Models" (NCHRP Synthesis 358), som ger en översikt över trafikmodellsituationen i USAs delstater.

Utvecklingsprocessen för Iowas trafikmodell, iTRAM, är intressant för utvecklandet av en riksomfattande modell: olika intressegrupper hördes och utbildades och deras behov och mål beaktades och passades samman i modellarkitekturen. Också sammanlänkade markanvändnings-trafikmodeller verkar vara aktuella: sådana projekt finns åtminstone i Kalifornien, Oregon och Ohio. Trots att det är en svår uppgift skulle det löna sig att överväga och utreda motsvarande sammankoppling i Finland.

Ett sätt att komma vidare med trafikmodeller är en multikriteriemetod, som siktar på att ersätta möjliga kvalitetsbrister i ingångsdata och å andra sidan att redan i ett tidigt skede avlägsna modeller med höga korrelationer men som annars inte duger, dvs. strider mot sunt förnuft. Metoden strävar alltså bort från försök och misstag - processen, genom att ersätta den med multikriterieanalys. Resultaten har varit uppmuntrande. Också en statistikbaserad jämförelse av trafikutvecklingen i sex industriländer är intressant. Trafikens tillväxttrend verkar vara avta. Detta, tillsammans med fordonsparkens förnyelse och ökande energieffektivitet kan hjälpa fordonstrafiken att klara sina utsläppsreduktionsmål.

En översikt från ca. fem år tillbaka visar att ungefär hälften av USAs delstater hade någon form av omfattande trafikmodell. Det har tagit 1...8 år att utveckla dessa modeller och kostnaderna varierar från några hundratusen dollar (South Carolina, Georgia, Kentucky) till sex miljoner (Ohio, 8 år). Det är uppenbart, att en riksomfattande modell kräver målmedvetet arbete, tillräckliga resurser och tid.

Man kan på basen av föredragen på TRB:s årsmöte 2010 se, att det inte finns någon klar linje för riksomfattande modeller, hurdana de borde vara eller vart utvecklingen pekar. Några signaler tyder på att en bättre integration av markanvändnings- och trafikmodeller vore aktuell. I Europa vore en närmare analys av t.ex. Sveriges Sampers-modell och Hollands nationella trafikmodell (LMS) befogad.

En av Trafikverkets uppgifter är en analytisk förståelse av trafiksystemet och där har trafikmodeller en central roll: redan själva modellprocessen ger bättre förståelse för orsakssammanhangen och en bra modell visar, vilka de är.

**Tapani Särkkä: Strategic statewide transportation models: a review of selected presentations at the TRB 2010 annual meeting.** Finnish Transport Agency, Traffic Systems's Department. Helsinki 2010. Research reports of the Finnish Transport Agency 5/2010. 41 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-012-5.

## Summary

This study assesses the strategic transportation models presented at the TRB 2010 annual meeting in a statewide and Transport Agency perspective. There is also a short review of the report "Statewide Travel Demand Models" (NCHRP Synthesis 358), an overview of the transportation modeling situation in the US States.

The Iowa transportation model iTRAM development process is interesting for statewide model development: different interest groups were consulted and trained, their needs and goals were taken account of and integrated in the model architecture. Integrated land use-transport models also seem to be in demand: at least California, Oregon and Ohio have such projects. This is a difficult task, but it would be useful to consider and study such integration also in Finland.

Another approach to transport modeling uses multicriteria methodology, aiming at compensating for possible input quality deficiencies as well as removing already at an early stage models that have high correlations but are otherwise invalid, against common sense. The method moves away from trial and error by replacing it with a multicriteria approach. The results have been encouraging. Another interesting approach is a statistics based comparison of traffic development in six industrialised countries. The traffic growth trend seems to be abating. This, combined with renewal and improving energy efficiency of the car fleet, may help car traffic to reach its emission reduction goals.

An overview from some five years back shows that about half of the US States had some kind of large scale transportation model. Developing these models took from 1 to 8 years and development costs varied from some hundred thousand dollars (South Carolina, Georgia, Kentucky) to six million (Ohio, 8 years). It is obvious that a statewide transportation model demands an energetic, resourceful effort and enough time.

Based on the presentations at the TRB 2010 annual meeting, one can conclude that there are no clear directions for statewide models, what they should look like or where development is heading. Some signals point to an evolving integration of land use and transport models. In Europe, it could be useful to look closer at for instance the Swedish Sampers model and the Dutch national transport model (LMS).

One of the Transport Agency's tasks is an analytical understanding of the transport system. Transport modeling has a key role in this: the modeling process in itself aids in understanding causal relationships and a good model shows what they are.

## Esipuhe

Tähän raporttiin on kerätty yhteenvetoa TRB:n (Transportation Research Board) vuosikokouksen 2010 esitelmistä. Suurin osa esitelmistä on saatavissa osallistujille jaettavalla CD:llä. Osa esitelmistä on netissä.

Työn on tehnyt Matrex Oy:ssä diplomi-insinööri Tapani Särkkä, jolta saa myös lisätietoa aiheesta. Työtä on ohjannut liikennejärjestelmäasiantuntija Pekka Rätty Uudenmaan ELY-keskuksesta sekä t&k-koordinaattori Anders HH Jansson Liikennevirastosta.

Raportti tukee Liikenneviraston tutkimuksen ja kehittämisen painopistealueen ”Asiakastarpeita vastaavat matka- ja kuljetusketjut” puitteissa käynnistyvää liikenteen mallien uudistamishanketta.

Helsingissä maaliskuussa 2010

Liikennevirasto  
Liikennejärjestelmäosasto

# Sisältö

1	JOHDANTO .....	8
2	IOWAN LIIKENNEANALYYSIMALLI: OSAVALTION LAAJUINEN MALLIARKKITEHTUURI JA TOTEUTUS .....	9
2.1	Taustaa .....	9
2.2	Mallin tyypilliset käyttötarkoitukset .....	10
2.3	Yhteistoiminnasta liikennemallin kehittämisessä.....	11
2.4	Yhteistoiminnan edut ja haitat .....	12
2.4.1	Haitat.....	12
2.4.2	Hyödyt.....	12
2.5	Prosessin siirto muualle .....	12
3	VASTAAVUUDET JA EROT KULKUTAVAN VALINNASSA USA:SSA JA SAKSASSA.....	13
4	KÄNNYKKÄTIETOJEN KÄYTTÖ LIIKENTEEN ANALYYSEISSÄ JA SUUNNITTELUSSA .....	14
4.1	Johtopäätökset .....	14
5	MONITAVOITTEISUUS LIIKENTEEN MALLINTAMISESSA .....	16
5.1	Monitavoitteisuusongelma .....	16
5.2	Johtopäätökset .....	17
6	SELITYS AUTOJEN KÄYTÖN KASVUUN ALANKOMAISSA.....	18
7	UUSI TAPA ARVIOIDA LIIKENNEKUSTANNUSTEN MUUTOSTEN VAIKUTUKSIA KANSALAISTEN KÄYTTÄYTYMISEEN .....	20
8	HENKILÖ- JA TAVARALIIKENTEEN MALLINTAMINEN HYBRIDIN EKONOMETRISEN VERKKOMALLIN POHJALTA .....	21
9	OLEMMEKO SAAVUTTAMASSA LIIKENTEEN HUIPUN? HENKILÖLIIKENTEEN TRENDISTÄ KUUESSA TEOLLISTUNEESSA MAASSA.....	23
9.1	Johtopäätökset.....	28
10	KALIFORNIAN INTEGROIDUN MAANKÄYTTÖ- JA LIIKENNEMALLIN KEHITTÄMISESTÄ .....	29
10.1	PECAS-malli.....	29
10.2	Johtopäätökset .....	33
11	MAANKÄYTÖN MONINAISUUDEN MITTAAMISESTA JA SEN KORRELAATIOSTA AJOSUORITTEESEEN .....	34
12	YHTEENVETO YHDYSVALTAIN OSAVALTIOIDEN LIIKENNEMALLEISTA.....	36

# 1 Johdanto

Työn tarkoituksena on ollut selvittää liikenteen strategisen mallintamisen (sekä henkilö- että tavaraliikenne) nykytilaa maailmalla lähinnä Liikenneviraston näkökulmasta ja tarpeita ajatellen. Erityisesti on keskitytty siihen, miten eri maissa mallinnetaan liikenteen kysyntää valtakunnan (ja seutujen) tasolla ja mihin suuntaan mallintaminen on kehittymässä.

Selvitys perustuu pääasiassa tammikuussa 2010 pidetyssä TRB:n vuosikokouksessa asiasta esitettyyn aineistoon. Lyhyesti on referoitu myös raporttia ”Statewide Travel Demand Models” (NCHRP Synthesis 358), jossa on katsaus Yhdysvaltojen osavaltioiden liikennemallitilanteeseen. Alkuperäiset esitelmät ovat luettavissa liitteinä pdf-dokumentteina.

Liikenteen mallintaminen on yritys ymmärtää ja hallita monimutkaista liikennejärjestelmää, sen syy- ja seuraussuhteita. On ehkä hyvä havaita, että liikennesuunnittelija ja päätöksentekijä pyrkii tähän ymmärrykseen joka tapauksessa, jos ei muuten niin yksilöllisin mentaalisin mallein. Varsinaiset liikennemallit ovat tapa pyrkii yleisempään ja yksilöstä riippumattomampaan selitykseen liikenteestä. Asiasta tekee vaativan (mutta mielenkiintoisen) se, että liikenne (ja kommunikaatio yleensä) liittyy kaikkien inhimilliseen toimintaan.

Liikennemalleja on monentasoisia ja laajuisia: yksittäisiä projekteja ja kulkutapoja koskevista vaikkapa maanosan käsittävään, kaikki kulku- ja kuljetustavat kattavaan malliin. Samalla niiden tarkkuustasot vaihtelevat vastaavasti. Valtakunnan tasolla paikalliset ongelmat eivät välttämättä ole tärkeitä, huipputunnin aikana ei kauas kerkiä ja yleensä käsitellään vuorokausivirtoja, tavaraliikenteessä jopa vuosivirtoja. Koko maan liikenteen mallintaminen vaatii toisenlaista näkökulmaa.

Kun on ollut suhteellisen selvää, että kaupungeissa ja seutukunnissa tehdään liikenne tutkimuksia ja tarvitaan liikenteen kysyntämalleja, valtakunnantasolla näin ei ole ollut. Euroopassa valtakunnallisia malleja on viime vuosina kehitetty kuitenkin Ruotsissa (Sampers, yhdistetty valtakunnan ja seutumalli), Isossa Britanniassa ja Hollannissa on myös asiassa pitkät perinteet. Tämä kuvastaa ehkä päätöksenteon hienoista erilaisuutta seutukunnissa, kaupungeissa ja koko maan tasolla: valtakunnan tasolla on paljon muitakin vaikuttavia tekijöitä kun yksittäisistä (suurista hankkeista) päätetään. Ne saattavat olla jopa vaikuttavimpia kuin hyöty/kustannussuhteet tai päästömäärät.

Näin ei kuitenkaan tarvitsisi olla: toteutuslistalle päätyneet hankkeet ovat käyneet varmasti tiukan seulan läpi, ehkä niistä voidaankin päättää nykyisellä tavalla. Mutta miten otetaan huomioon väestön muuttamisen vaikutukset maan sisällä, vanheneminen, ilmaston muutos, liikenteen verotuksen muutokset jne.? Paljonko me yleensä tarvitsemme yleistä infrastruktuuria 30 vuoden päästä ja missä päin Suomea? Millainen on Suomen kilpailukyvyyn kannalta hyvä infrastruktuuri? Yksinkertainkin kysyntämalli voi auttaa ratkaisevasti tällaisista koko Suomea koskevista kysymyksistä päättäessä.

## 2 Iowan liikenneanalyysimalli: osavaltion laajuinen malliarkkitehtuuri ja toteutus

(*Iowa Traffic Analysis Model: Collaborative Statewide Model Architecture and Realization*) [PDF] Author: [Lupa, Mary](#); [Mescher, Phillip](#); [Hershkowitz, Paul](#); [Ismart, Dane](#) Paper Number: [10-0385](#) Subject: [Systems Planning, Policy, and Process](#); [Social, Economic, and Cultural Issues](#); [Travel Analysis Methods](#) Session: [331](#)

Vuonna 2006 Iowan liikenneministeriö käynnisti osa-valtion laajuisen liikennemallin, iTRAM:n kehittämishankkeen. Siinä otettiin huomioon eri intressiosapuolten tarpeet ja huomioonottaminen mallissa.

Mallin luomisessa oli kaksi vaihetta. Ensiksi pidettiin kuuntelu- ja koulutuspalavereja, joissa kuvattiin mitä mallilla voi tehdä. Toisessa vaiheessa pyrittiin saamaan selville, mitä Iowa halusi osa-valtion liikennemallilta. Nämä tavoitteet ja tarpeet sovitettiin yhteen ja tulos julkistettiin "Model Architecture"-nimisessä raportissa, jota käytettiin sitten itse mallin teon vaatimien resurssien arvioinnissa. Mallin sisältö määriteltiin käytännössä toisessa vaiheessa. Yhteistyötä tehtiin mm. mallikonseptin määrittelyssä ja teknis-strategisessä suunnittelussa sekä suorina työpanoksina.

Eri osapuolten teknisellä yhteistyöllä oli muutamia etuja verrattuna muihin työtapoihin:

- se loi yhteistyöympäristön, jossa päätöksenteon, suunnittelun ja tutkimuksen asiantuntemus oli koko ajan käytettävissä
- se loi foorumin kaiken tasoisten mallinteon ongelmien ratkaisemiseen ja säästi näin niukkoja resursseja
- se paransi "talon sisäistä" tietämystä ottamalla mukaan mallin loppukäyttäjät joka vaiheessa
- se varmisti, että erityyppiset mallin elementit, kuten energia, talous tai maanviljelyksen vaikutukset osa-valtion liikenteeseen voitiin ottaa huomioon.

### 2.1 Taustaa

Iowa sijaitsee Yhdysvaltojen keski-lännessä. Asukkaita siellä on n. 3 miljoonaa, pinta-ala 145 752 m<sup>2</sup>.



Kuva 1. Iowa, suurimmat kaupungit ja päätieverkko.

Iowassa on rautateitä 3912 km (raiteita 7063 km), yleisiä teitä 182 462 km (maaseudulla 166 588 km ja kaupungeissa 15 874 km). Iowa rajoittuu kahteen suureen jokeen, Mississippiin ja Missouriin, jotka tarjoavat erinomaiset kuljetusmahdollisuudet.

Iowan talous perustuu pitkälti maatalouteen ja sen johdannaiselinkeinoihin.

Iowassa on yhdeksän metropolialueiden suunnitteluorganisaatiota (MPO) ja 18 seudullista suunnitteluyhtymää (Regional Planning Affiliate, RPA). MPO:t ja RFA:t muodostavat liikennesuunnittelun rungon koko Iowan alueella. Oman lisänsä osavaltiossa tuo niiden itsenäisyys usein päällekkäisistä suunnittelualueista huolimatta.

## 2.2 Mallin tyypilliset käyttötarkoitukset

Osa-valtiossa liikennemalli (Statewide Travel Model, STM) vastaa rakenteeltaan kaupunkiliikenteen neliporrasmallia. Henkilöliikenteen lisäksi siinä on kuvattu myös tavaraliikenne. Tyypillisesti mallia käytetään seuraavissa tarkoituksissa:

- tieliikenteen analyysit; liikenteen ennustaminen ja analysointi, erityisesti MPO-alueiden ulkopuolella (kapasiteettitarpeet, liittymäanalyysit, sillat, kuorma-autoliikenne ja tienrakenne, korridorianalyysit, suoriteindeksit jne.
- rahoitus ja ohjelmointianalyysit; verotus, projektien priorisointi jne.
- turvallisuusanalyysit
- raportoinnin kehittäminen ja suorite- ja laatuindeksit; palvelutaso, suoritteet, saavutettavuus
- tavaraliikenteen analyysit
- liikenteen ohjaus ja evakuointisuunnitelmat hätätilanteissa
- liikenteen erikoistuottajien/-aiheuttajien analyysit; kansallispuiistot, yliopistot, lentokentät, seudulliset sairaalat



- MPO:iden ja muiden suunnitteluorganisaatioiden auttaminen liikenteen ennustamisessa; MPO:t tarvitset ulkoisen liikenteen ennusteita, muille organisaatioille osa-valtiosoinen ennuste toimii validoituna pohjana niiden tarkemmille ennusteille.













Iowan liikenneministeriö ja sen yhteistyökumppanit tarkastelivat ja pääsivät yhteisymmärrykseen liikennemallin pääkäyttötarkoituksista ja aloittivat kuuntelu- ja yhteistyöpalaverit. Sen jälkeen ministeriön mallitiimi tarkensi mallinmäärittelyjä vastaamaan Iowan liikenteen avainkysymyksiä. Kaiken pohjalla oli tavoite yksinkertaisesta ja robustista, osavaltion tarpeisiin relevantista mallista.

## 2.3 Yhteistoiminnasta liikennemallin kehittämisessä

Organisaatioiden välillä oli päätyypiltään kahdenlaista yhteistyömuotoa:

- teknistä tarkastelua ja hyväksyntää
- ongelman ratkaisua, tietojen käsittelyä ja laadunvalvontaa.

Kuvassa 2 on esitetty viisi yhteistyöprosessin avainaluetta: koulutus ja kuuntelu (arkkitehtuuri), osa-alueiden määrittely, työssäkäynnin ennustaminen, verkkojen kehittäminen ja raportointi.

Sequence	Name	Type	Rationale for the Selected Work Style
1	Architecture	 Collaborative	+ Fit Scope to Resources, Right-size + Include All Critical Components + Identify and Feed the Policy End Uses of the Model
2	Iowa TAZ Development	 Collaborative	+ Establish Zonal Scale Using Local Knowledge + Capture Exact 2000 Census Population + Build in Usefulness as Indicated in Architecture
3	National TAZ Development	 Review & Approve	+ Use Knowledge from (2) for National Zones + Conserve Resources for Tasks within Iowa
4	Truck Model	 Review & Approve	+ Ensure Compatibility with Agricultural Focus of the State + Conserve Resources for Tasks within Iowa
5	Iowa Employment	 Collaborative	+ Integrate REMI Output + Use 2005 Actual Iowa Employment Locations + Establish Six or More Iowa Customized Employment Types
6	National Employment	 Review & Approve	+ Use Knowledge from (5) for National Employment + Conserve Resources for Tasks within Iowa
7	Iowa Network	 Collaborative	+ Build on the Local Detailed GIS State Road file + Establish the Capability to Update from the State Maintained LRS File
8	National Network	 Review & Approve	+ Maintain Telescoping Scale Established in (3) + Conserve Resources for Tasks within Iowa
9	Trip Generation	 Review & Approve	+ Utilize Known National Resources while Maintaining Local Oversight
10	Trip Distribution	 Review & Approve	+ Utilize Known National Resources while Maintaining Local Oversight
11	Traffic Assignment	 Review & Approve	+ Utilize Known National Resources while Maintaining Local Oversight
12	Reporting	 Collaborative	+ Ensure Product Usefulness and Focus + Keep Flexibility

Kuva 2. Yhteistyö Iowan liikennemallin kehittämisessä.

Kuvasta kannattaa huomata, ettei yhteistoimintaa harrastettu jokaisessa työvaiheessa, vaan ainoastaan niissä, joista katsottiin saatavan todellista lisäarvoa mallin kehittämisessä.

## 2.4 Yhteistoiminnan edut ja haitat

Työn aikana havaittiin, että valittu toimintatapa tuotti sekä negatiivisia että positiivisia seurauksia: se vaati enemmän aikaa ja resursseja. Siitä puolestaan seurasi enemmän kustannuksia. Positiiviselle puolelle tuli osapuolten sitoutuminen malliin (omistajuus), olemassa olevien tietokantojen uskollinen hyödyntäminen, parempi ongelmien ratkaisukyky, resurssien varmistus ja uusien ideoiden esille saanti.

### 2.4.1 Haitat

- Suurempi ajantarve. Sekä haluttuun lopputulokseen että tuottamisprosessiin pitää kiinnittää huomiota. Jokaista osanottajaa pitää tiedottaa jokaisesta keskustelusta; se vaatii aikaa.
- Kalliimpi prosessi. Pieni, toisensa tunteva tiimi pystyisi rakentamaan perinteisen liikennemallin huomattavasti lyhyemmässä ajassa. Prosessin avaaminen yhteistyölle vaatii ajan kuluessa myös enemmän rahallisia resursseja.

### 2.4.2 Hyödyt

- Omistajuus ja sitoutuminen.
- Yhteensopivuus olemassa olevien tietokantojen kanssa
- Edistää ongelmien ratkaisua. Iowan mallintamistiimissä oli kaikkien alojen asiantuntemusta. Se mahdollisti keskustelun mistä tahansa ongelmasta ja ratkaisun nopean löytämisen.
- Henkilöresurssien varmistaminen. Koska projektiin osallistuu monia asiantuntijoita, jotka lisäksi joutuvat perehtymään asiaan monipuolisesti, projektin läpivienti ei ole muutaman avainhenkilön varassa; heille löytyy helposti varmistushenkilö.
- Ideoiden tuottaminen. Monipuolinen ja laaja henkilöstö mahdollistaa uusien ideoiden esille tulon.

## 2.5 Prosessin siirto muualle

Vaikka mallintamisprojekti koskikin vain Iowaa, siitä saatuja oppeja mm. yhteistoiminnasta voidaan hyödyntää yleisemminkin, millä mallintamisen tasolla tahansa. Avaintekijät, kun päätetään mahdollisesta yhteistoiminnasta mallintamisprosessissa, ovat:

1. Projektin tyyppi, sen pitää sopia yhteistoimintaan.
2. Projektipäällikkö. Joillakin projektipäälliköillä on jo kokemusta yhteistoiminnasta ja he ovat todennäköisesti halukkaampia ja valmiimpia siihen.
3. Käytävissä oleva aika. Yhteistoimintaan pitää varata riittävästi aikaa.
4. Fyysinen läheisyys. Jos monet avainhenkilöistä asuvat ja työskentelevät samalla seudulla, se antaa paremmat mahdollisuudet yhteistoimintaan.
5. Poliittinen ympäristö. Jos yhteistoiminta on tuttua toimijoille jo entuudestaan ja siihen suhtaudutaan positiivisesti, se helpottaa prosessia ja resurssien saamista siihen.

Iowan liikenneministeriö monine kumppaneineen loi yhteistoimintaympäristön, jossa määriteltiin osavaltion laajuinen liikennemallin arkkitehtuuri, ja jossa ympäristössä myös luotiin osavaltion liikennemalli. Samaa lähestymistapaa voidaan soveltaa myös muualla, olettaen että yhteistoimintaan suhtaudutaan myönteisesti.

### 3 Vastaavuudet ja erot kulkutavan valinnassa USA:ssa ja Saksassa

*(Similarities and Differences in U.S. and German Determinants of Mode Choice)*

[PDF] Author: [Buehler, Ralph](#) Paper Number: [10-0352](#) Subject: [Travel Analysis Methods](#) Session: [634](#)

Auto on syypää moniin negatiivisiin ilmiöihin liikenteessä: ympäristön saasteet, öljyriippuvuus ja liikenteen ruuhkat. Lyhyillä matkoilla on parhaat mahdollisuudet käyttää muita, ei-moottoroituja kulkutapoja ja siten vähentää autoliikenteen kielteisiä vaikutuksia. Saksa ja USA kuuluvat maailman autoistuneimpiin maihin. Kuitenkin amerikkalaisilla on 40 % suurempi autonkäytön osuus matkoillaan ja heidän ajosuoritteensa/asukas on kaksinkertainen saksalaisiin verrattuna.

Lukuja voidaan yrittää selittää sosioekonomisilla ja demograafisilla eroilla ottaen huomioon myös erot maankäytön tehokkuudessa ja saavutettavuudessa, Saksan henkilöauton käyttöä rajoittavassa liikennepolitiikassa jne.

Tässä esitelmässä perehdytään asiaan käyttäen kummankin maan vertailukelpoisia henkilöliikennetutkimuksia (NTHS 2001, USA ja MiD 2002, Saksa).

Tutkimuksessa havaittiin, että kummankin maan suurempi asukastiheys, sekoittunut maankäyttö asuntojen joukkoliikennepysäkkien/-asemien läheisyydessä ja pienempi autotiheys ovat kytköksissä autoliikenteen alhaiseen kulkutapaosuuteen. Huomattavia eroja kuitenkin on: kun amerikkalaiset käyttävät autoa 70 % tapauksissa lyhyillä matkoilla (< 1,6 km) ja 90 %:sti alle 3,2 km:n matkoilla, saksalaisilla vastaavat luvut ovat 30 % ja 60 %. Samaten, amerikkalaisten auton kulkutapaosuus kaupungeissa, joissa asukastiheys on yli 5000 asukasta/km<sup>2</sup> on sama kuin saksalaisilla, jotka asuvat viisi kertaa väljemmillä alueilla (1000 asukasta/km<sup>2</sup>).

Tutkimuksen johtopäätöksenä on, että havaittuja eroja auttaa selittämään sellainen liikennepolitiikka, jossa autojen nopeudet saavat olla alhaisia, käyttö kallista ja vähemmän mukavaa samalla kun ei-moottoroitu liikenne on tehty attraktiiviseksi.

## 4 Kännykkätietojen käyttö liikenteen analyyseissä ja suunnittelussa

*(Use of Data from Mobile Phone Networks for Transportation Applications)*  
 [PDF] Author: [Borzacchiello, Maria Teresa](#); [Steenbruggen, John](#); [Nijkamp, Peter](#); [Scholten, Henk](#) Paper Number: [10-0455](#) Subject: [Data and Information Systems](#) Session: [255](#)

Kännyköiden sijaintia ja liikettä pystytään seuraamaan ja se tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia kehittää liikenteen hallintaa ja seurantaan lähes ilman lisäkustannuksia. Useita tutkimuksia on asiasta tehtykin ja kirjallisuutta asiasta löytyy, vaikkakaan ei kovin systemaattista. Tämän selvityksen tekijöiden tarkoituksena on esittää systemaattinen yleiskuva kännykkätietojen käytön päätutkimuksista ja projekteista jatkotutkimuksen pohjaksi.

Selvityksessä tuodaan esiin menetelmän edut ja rajoitukset. Aluksi kuvataan taustaa ja minkälaista dataa kännyköistä/kännykkäverkoista on saatavissa. Sen jälkeen käsitellään ja analysoidaan muutamaa tärkeää tutkimusta aiheesta, minkä perusteella tunnistetaan ja määritellään joitakin tärkeitä tutkimusaiheita asiasta. Nämä koskevat tekijöitä, jotka liittyvät tiedon tarkkuuteen, luotettavuuteen, laatuun ja validointitekniikoihin ja toisaalta yksityisten puhelinyhtiöiden ja liikenneviranomaisten rooleihin.

### 4.1 Johtopäätökset

Selvityksen perusteella tehdään seuraavat yleiset johtopäätökset:

- Eniten on tutkittu matkanopeuksia ja -aikaa, liikenteenhallintatarkoituksessa.
- Projektit ovat lähteneet usein liikkeelle teknologiatoimittajien, teleoperaattoreiden ja liikenneviranomaisten aloitteesta. Tulosten validointi on yleensä ollut tutkimuslaitosten vastuulla.
- Ala on vielä kehitysvaiheessa ja sitä dominoi tutkimus ja kehitystoiminta. Teknologia on lupaavaa, mutta ei vielä täysin soveltu laajamittaiseen käyttöön.
- Useimmat tutkimukset ovat koskeneet vain tienosia, eivät koko verkkoa.
- Uusimmat tutkimukset näyttävät antavan lupaavia tuloksia; liikenneviranomaiset eivät ole kuitenkaan (perinteisestikään) laatineet yksilöityjä tietovaatimuksia langattomille järjestelmille (esim. sijainnin tarkkuus), mikä aiheuttaa epämääräisyyttä ja vaikeuksia tulosten validoinnissa.
- Aktiiviset paikannusjärjestelmät kuten GPS-ominaisuuksin varustetut puhelimet autoissa Mobile Millennium projektissa vaikuttavat hyvin lupaavilta.
- Puhelinoperaattoreiden verkkodatan käyttö sijainnin aktiveettimallien analyyseissä (Real-Time Rome ja Current City Amsterdam) avaa uusia mahdollisuuksia liikenteen hallinnassa (datan käyttö aggregoidusti).

Taulukko 1.

*Yhteenvedo tutkimuksista, joissa on käytetty kännyköistä saatavaa tietoa hyväksi.*

Table 1 Summary of studies and field test deployments (in bold the review studies from which some information have been derived)

Years	Project title (where available) (Reference)	Promoters	Location	Data source	Used cell-phone parameters	Target Traffic estimations	Results
1994-1997	<b>CAPITAL</b> (12)	Federal Highway Administration Virginia Department of Transportation Maryland State Highway Administration University of Maryland Bell Atlantic NYNEX Raytheon, Farnesdyne	Washington D.C., USA	Data from Bell Atlantic NYNEX Mobile's cellular network	Position through triangulation	Traffic Speed	Only 20% of probes generated speeds 100 m position accuracy Not consistent traffic monitoring
1999-2002	(16), (6)	Highway Agency UK Transport Research Laboratory BTCell net (G2)	Kent, UK	Billing data from BTCellnet	Initial and ending position of the mobile phone	OD matrix	Small sample size Phones on call Groups able to transmit their position to server
2000	(13), (11)	US Wireless Corporation University of California-Berkeley	San Francisco Oakland, USA	44 h of wireless data from US Wireless	Position of the mobile phone – call duration	Traffic Speed	60 meter mean location accuracy 60% of locations could not be matched to road No usable data generated
2000-2001	(14), (11)	US Wireless Corporation Virginia Department of Transportation Maryland State Highway Administration University of Maryland University of Virginia	Washington D.C., USA	160 phone calls tracked every 2 seconds, generating 4800 data points every minute	Cellular phone position	Traffic Speed	5% of 10-min intervals had no data 6 to 8 mph mean speed estimation error Some intervals had errors > 20 mph Over 20% had significant differences from reality
2001	<b>STRIP</b> (17), (41), (6), (25)	INRETS SERTI French Government SFR carrier (Vodafone France)	Lyon, France	Mobile phone data from SFR	Position from in-vehicle mobile phones Number of phone calls	Journey times Traffic Speed Directions of movement	Inter-city speeds overestimated by 24% to 32 % Little speed variations on inter-city motorway Strong relation between call volume and number of accidents
2002	(18), (15), (6)	Finnish Road Administration Radiolinja	Finland	Mobile phone data from Radiolinja	Time required by each phone to cross a road section from the moment it enters the service area of a base station (cell) until the next (6)	Travel time Journey time	Validation with License Plate Recognition (LPR) More accurate results produced when the traffic was monitored over longer stretches around 10 km Location of the base stations not always optimal
2003	(20), (6)	Institute of Transport Research of German Aerospace Center Vodafone	Munich, Germany	Mobile phone data from Vodafone	Handover	Traffic flow	Errors between 20 and 30 km/h Phone flows (calls) are closely related to vehicular flows Results based on small sample size
2004	(42)	Mobile Traffic Service (MTS) LogicaCMG Vodafone	Nord-Braabant, Netherlands	MTS (Mobile Traffic Service) data from LogicaCMG and Vodafone	Handover Location update	Traffic flows Traffic congestion	High correlation between travel times generated by MTS and by the reference systems. Errors generally low between 3-4 %, with errors of 10-20 % in journey times of 10-25 minutes. Conclusions based on limited results that are publicly available.
2005-2006	(23), (26), (11)	Federal Highway Administration Virginia Department of Transportation AirSage Inc. University of Virginia	Hampton Road, Virginia	Anonymous mobile phone data from Sprint US carrier	Handovers	Travel speed Travel time	68% of speed estimated had errors > 20kmph Not reliable measures AirSage claimed results caused by lack of access to full data
2005	<b>MIT SENSEable City Laboratory</b> (10)	MIT AI Mobilkom	Milan, Italy	Anonymous data from a European telecoms carrier	Erlang Network counters	Call density OD of Calls	Real-time visualization dynamics metropolitan area
2005	(22)	ITIS Holdings Proximus	Flanders Antwerp Belgium	Anonymous Cellular Floating Vehicle Data (CFVD)	Handover	Travel speed	Technology able to accurately detect the traffic trends over time and per road segment. Predictions however most accurate in the case of free traffic flow rather than congested conditions.
2005-2006	(24)	Estimation Ltd. ITIS Inc. Ben Gurion University	Tel-Aviv Israel	Cell phone data provided from Estimation Ltd.	Handover	Travel time	Limited data during off-peak hours WLT estimates different between floating car and loop data by 10 to 30% during congested conditions
2006	<b>Real-time Rome</b> (35)	SENSEable City Laboratory MIT Telecom Italia	Rome Italy	Cell phone data provided from Telecom Italia Mobile	Erlang	Touristic, pedestrian, and vehicle density Travel speed	Broad range of research directions demonstrating a large spectrum of useful applications
2007	(28)	Minnesota Department of Transportation University of Minnesota Sprint PCS	Minnesota, USA	Cell phone data from Sprint PCS Mobile network	Handover	Travel times	Segments with high speeds results within 10 MPH of ground truth In segments with low to moderate speeds the results become occasionally scattered Under and over estimating travel times between AM and PM peak hours where found for some roads
2007	(31), (32), (43), (44)	NECTEC NSTDA Thammasat University	Bangkok Thailand	Data from probe mobile phone in vehicles	Cell Dwell Time	Traffic Congestion	Accuracy level congestion estimates between 73 - 85 % Sample size includes phones in active and idle modes
2008-2010	<b>Mobile Millennium</b> (28)	Nokia, Navteq, and UC Berkeley, California Departments of Transportation	Hayward and Fremont area, California	GPS equipped cell phones	Virtual Trip Lines, Position and speed of mobile phones	Speed and travel time	Provides real-time traffic conditions to end users Free public traffic-information system Deployment, currently testing
2007-2009	<b>Current Amsterdam</b> (40)	Senseable Future Foundation University Salzburg Vrije Universiteit Amsterdam KPN Dutch Department of Traffic Management, (Rijkswaterstaat)	Amsterdam, The Netherlands	Data from Dutch KPN carrier	Network parameters	Spatial network signatures	Use of telecom network data for analysis of the spatial network activity patterns



## 5 Monitavoitteisuus liikenteen mallintamisessa

(*The Multiple Objectives in Travel Demand Modeling*) [PDF] Author: [Hollander, Yaron](#) Paper Number: [10-0905](#) Subject: [Travel Analysis Methods](#); [AICP Certification Maintenance Session](#) Session: [556](#).

Perinteiset liikennemallien estimointitekniikat eivät ole aina käyttökelpoisia, jos lähtötietojen laatu on huono. Niitä käyttäen ei voida myöskään helposti sulkea pois (etukäteen) sellaista matkustuskäyttäytymistä, jonka mallien tekijät tai teettäjät eivät usko pitävän paikkaansa (malli toimii ”terveen järjen” vastaisesti). Toisaalta mallit, joissa käytetään parasta akateemista osaamista ja käytäntöjä, saattavat epäonnistua tärkeissä validoinneissa. Kaikki tämä johtaa useinkin mallintajat käyttämään tehotonta yrityksen ja erehdyksen menettelyä.

Tutkijat esittävät monitavoitteisen mallintamismenetelmän, jossa poistetaan suoraan sellaiset malliratkaisut, jotka eivät täytä tilastollisia tai myöhempiä poliittisia vaatimuksia. Tutkijat eivät sinänsä kritisoi perinteistä mallintamista, mutta haluavat osoittaa käytännönläheisen menetelmän olevan saatavilla ja että se toimii tehokkaasti. Esitelmässä case-studyna on Dublinin liikennemalli.

### 5.1 Monitavoitteisuusongelma

Tekijät haluavat estimoida mallin parametrien arvot. Lähtötietona heillä on joukko O/D-matriiseja, jotka koskevat mm. lähtö-/määräpaikkatietoja, valintoja kulkutavasta, matkustaja- ja liikennemäärätietoja jne.

Kun tekijät puhuvat monitavoitteisuusongelmasta, he tarkoittavat, että mallin parhaiten selittävien muuttujien ja parametrien arvojen valinta tapahtuu yhdistelemällä useita tavoitefunktioita eikä käyttämällä yhtä funktiota kuten esim. Maximum Likelihood menettelyssä. Tekijät ilmaisevat tätä käsitteellä ”meta-virhe” (meta-error), joka yhdistää kaikki tavoitteet. Ongelmana on silloin minimoida meta-virhettä.

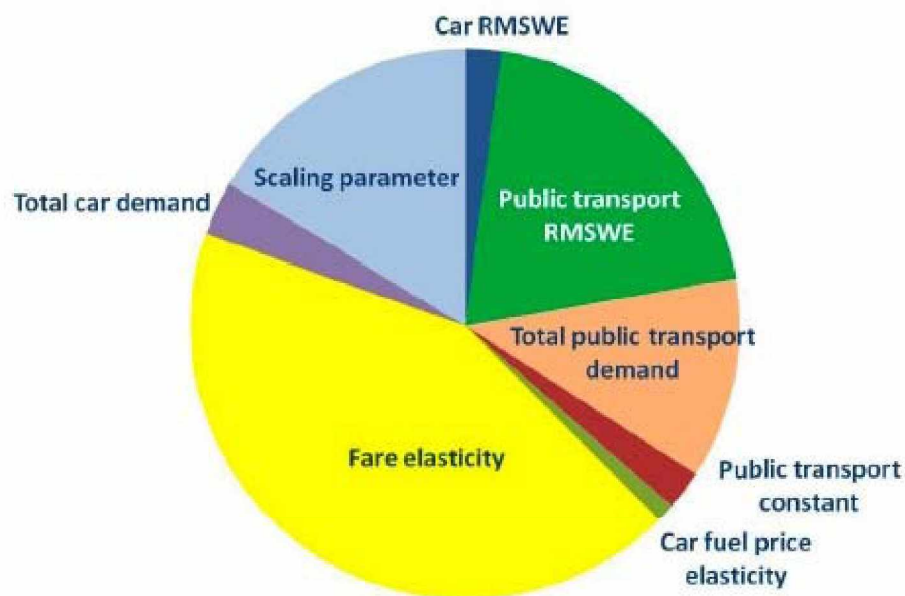
Käytännössä tekijöiden mallinestimointimenetelmä tarkoittaa, että mallia estimoidaan ja valitoidaan samanaikaisesti: epäkelvot ratkaisut pyritään poistamaan prosessista jo alkuvaiheessa.

Tavoitteet on ryhmitelty seuraavasti:

- Minimoi virhettä kokonaismatkamäärissä (esim. havaitut matkat vs. ennustetut) kullekin valintavaihtoehdolle. Tavoitefunktioiden määrä vastaa mallin vaihtoehtojen määrää.
- Minimoi virhettä matkavaihtoehtojen maantieteellisessä hajonnassa (suuntautuminen). Tavoitefunktioiden määrä vastaa mallin vaihtoehtojen määrää.
- Varmista, että kysyntäjoukot ovat WebTAG:in suositteluissa rajoissa. Vaikka tämä on pikemminkin rajoitus kuin tavoite, se on silti muokattu tavoitefunktioiksi.
- Varmista, että mallista saatavat skaalausparametrit ovat WebTAG:in suositteluissa rajoissa

- Varmista, että jokaisen hyötykomponentin osuudet (kullekin vaihtoehdolle) ovat loogisissa rajoissa. Tavoitteena on minimoida sellaisia matkustusvaihtoehtoja, joissa jonkin matkakomponentin osuus on suhteettoman suuri; esim. kävelyn osuus on 80 % koko joukkoliikennematkasta tai matka-aika muodostaa vain 10 % automatkan kokonaiskustannuksista.
- Varmista, että mallista saatavat matka-ajat ovat loogisia (paikallistuntemusta käyttäen).
- Varmista, että vaihtoehtokohtaiset mallivakiot ovat loogisissa rajoissa. Tässä voidaan hyödyntää mallintajien kokemusta ja halutaan poistaa epäloogiset vakiot.

Käytännössä yritetään siis minimoida meta-virhettä, joka on kaikkien tavoitteiden arvojen painotettu keskiarvo. Tavoitteiden painoilla on kaksi tarkoitusta: ensiksi ne muuntavat eri tavoitteet yhteismitallisiksi, toiseksi painot kuvaavat myös tekijöiden käsitystä tavoitteiden tärkeydestä.



Kuva 3. Metavirheen koostumus.

## 5.2 Johtopäätökset

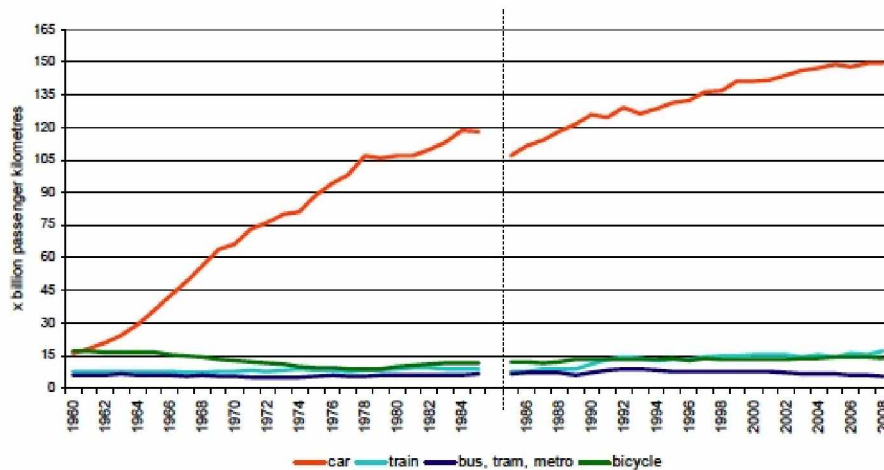
Tekijät ovat kehittäneet monitavoitteellisen liikenteen mallintamismenetelmän ja sitä on käytetty Dublinin alueella. Kokemukset vahvistavat sen, että menetelmä auttaa tuottamaan malleja, jotka täyttävät eri osapuolten odotukset käytännönläheisesti ja tehokkaasti.

Tekijät aikovat käyttää menetelmää tulevaisuudessa töissään. He aikovat myös vertailla menetelmällä tuotettuja malleja perinteisesti luotuihin malleihin. He arvioivat myös malleja, jotka on tehty eri tavoitteilla ja painoilla, mm. vinoutumien kannalta. Menetelmään aiotaan integroida myös Maximum Likelihood menetelmä.

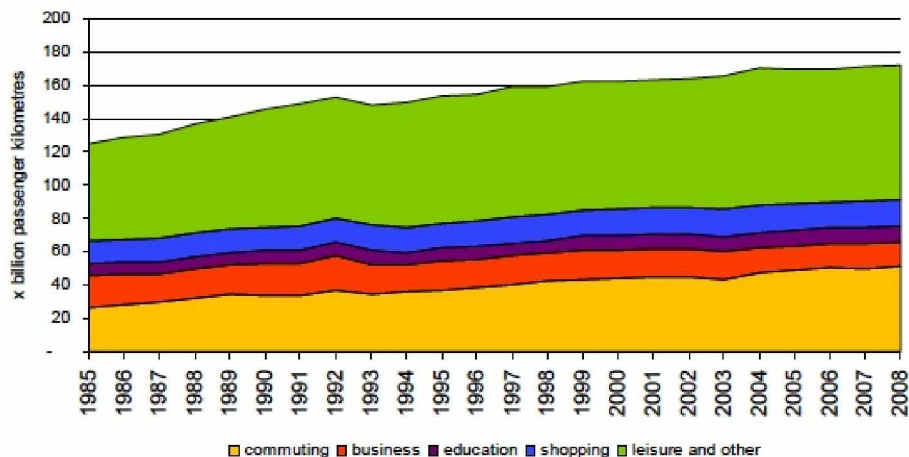
## 6 Selitys autojen käytön kasvuun Alankomaissa

(Explaining the Growth in Car Use in the Netherlands) [PDF] Author: [Harms, Lucas](#); [Jorritsma, Peter](#); [Kalter, Marie-José Olde](#) Paper Number: [10-1507](#) Subject: [Travel Analysis Methods](#) Session: [634](#)

Esitelmässä käsitellään useiden tutkimusten tuloksia, jotka selittävät autonkäytön kasvua Alankomaissa. Yksinkertainen selittävä malli kertoo, että väestön kasvu vastaa  $\frac{1}{4}$  ilmiöstä ja loput selittyy muutoksilla ihmisten käyttäytymisessä. Tärkein niistä on matkojen pituuden kasvu, etenkin työmatkoilla ja vapaa-ajanmatkoilla. Tämä puolestaan selittyy tulojen kasvulla, autonkäytön suhteellisten kustannusten laskulla, asunto- ja työmarkkinoiden kehittämisellä sekä vapaa-ajan kohteiden sijaintimuutoksilla. Lisäselityksenä on vielä autonkäytön lisääntyminen vanhenevalla väestön osalla sekä etnisillä vähemmistöillä.

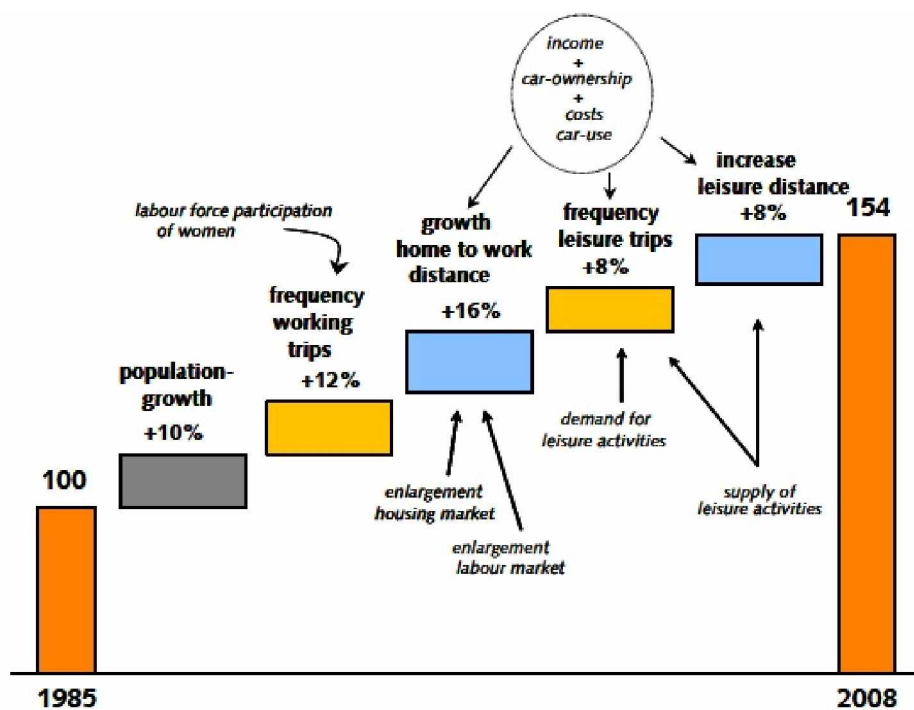


Kuva 4. Matkasuoritteen kasvu kulkutavoittain 1960–2008 Alankomaissa (mrd matkustajakm).



Kuva 5. Matkasuoritteen jakautuminen eri matkantarkoituksille Alankomaissa (väestö >12 v., 1985 – 2008).





Kuva 6. Autonkäytön kasvun selittävät tekijät 1985 – 2008 Alankomaissa.

## 7 Uusi tapa arvioida liikennekustannusten muutosten vaikutuksia kansalaisten käyttäytymiseen

*(New Approach to Evaluate Long-Term User Reactions to Changes in Transport Costs)*

[PDF] Author: [Erath, Alex](#); [Axhausen, Kay](#) Paper Number: [10-1602](#) Subject: [Data and Information Systems](#) Session: [254](#)

Esitelmässä esitellään uusi menetelmä (stated adaptation method), jolla voidaan analysoida pitkän aikavälin seurauksia esim. liikenteen kustannusten huomattaviin muutoksiin, ml. liikenteen energiatehokkuuden vaikutusta. Näitä pitkän aikavälin reaktioita ovat:

- autotyypin valinta, moottori ja käyttö
- joukkoliikenteen kausilipun valinta ja käyttö
- asuinpaikan valinta

Tutkimus osoitti, että ihmiset eivät reagoineet liikennekustannusten (suureen) kasvuun pelkästään liikennesuoritteella, vaan myös vaihtamalla autotyyppiä, pienempiä tai polttoainetehokkaampia moottoreita kuten hybridejä tai dieseleitä. Sen lisäksi todettiin auton ja joukkoliikenteen kausilippujen käytön välillä korvausvaikutusta kotitalouden sisällä. Se vahvistaa äskettäisessä tutkimuksessa esiin nostettua ajatusta mallintaa liikkumisvälineen omistusta ja liikennettä yhdessä.

Tulokset olivat kuitenkin vähemmän vakuuttavia, kun vastaajien oli kuviteltava muuttoa toiseen, erilaiseen asumisympäristöön. Myöskään erilaisten tarjottujen etujen vaikutusta ei voitu selittää tyydyttävästi. Vaihtoehtojen suuri määrä saattoi sekaannuttaa ja vaikuttaa asiaan.

Havaitut käyttäjien reaktiot samoin kuin ekonometristen mallien tulokset vahvistavat aikaisempien tutkimusten tuloksia käytetyn menetelmän käyttökelpoisuudesta.

## 8 Henkilö- ja tavaraliikenteen mallintaminen hybridin ekonometrisen verkkomallin pohjalta

*(Freight and Passenger Modeling Using Hybrid Econometric-Network Models)*  
 [PDF] Author: [Vilain, Pierre](#); [Muhammad, Talha](#); [Li, Cathleen](#); [Hallissey, Matt](#) Paper Number: [10-2360](#) Subject: [Trucking](#); [Transportation Policy](#); [Taxation and Finance](#); [AICP Certification Maintenance Session](#) Session: [656](#)

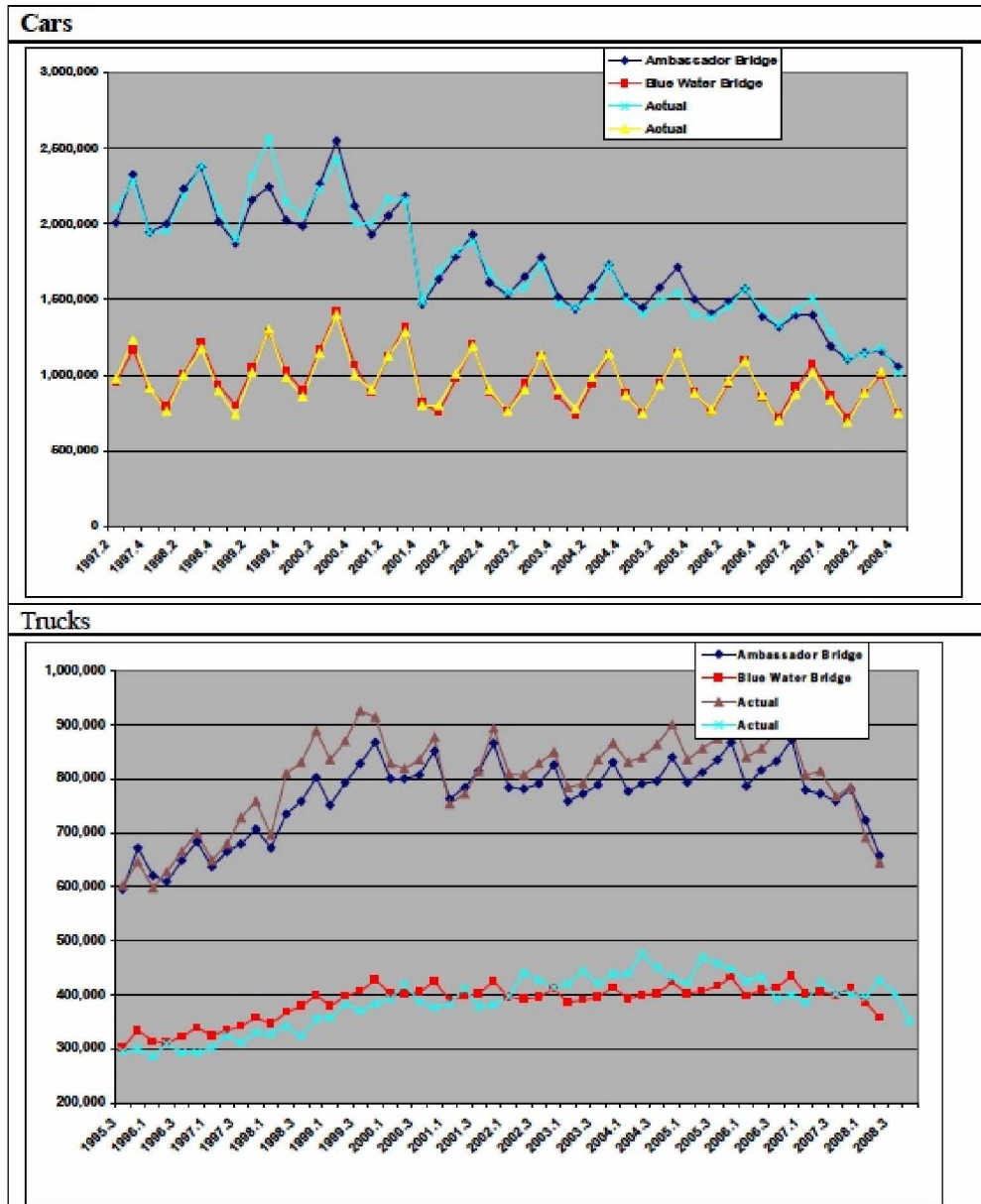
Viime vuosien kokemukset Amerikan ja Euroopan tulliteiltä alenevine liikennemääriin vuosien kasvun jälkeen ovat olleet ajatuksia herättäviä. Korkean polttoaineen hinnan ja taloudellisen laman kaksoisvaikutus on aiheuttanut joillakin tulliteillä yli 10 % vuotuisia vähenemisiä, joissain tapauksissa jopa 20 % laskuja liikennemäärissä.

Analyysi osoittaa, että henkilö- ja tavaraliikenteen mallintamisen pitää sisältää myös ekonomisten muuttujien vaikutukset paremmin, koska niissä on suurin vaihtelu ja siten myös suurimmat taloudelliset riskit ajatellen projektien tuottoja. Tavaraliikenteeseen liittyvä riski on suurempi, koska taloudellinen toimeliaisuus vaikuttaa suoraan tavaroiden kuljetuksiin ja määriin.

Esitelmässä kuvataan mallia, joka sisältää sekä taloudellisen komponentin (taloudellisten muuttujien ja liikenteen välinen suhde) että verkkomallin, joka ottaa huomioon muutokset verkolla ja ruuhkautumisen vaikutukset liikenteen sijoittumiseen eri reiteille.

Mallia testattiin kahdessa tilanteessa ennustamalla tapahtunutta kehitystä (backcasting): 125 km:n Alligator Alley tullitiellä Floridassa ja Ambassador Bridgellä, joka on tullisilta Detroit joen yli, Detroitin (Michigan) ja Windsorin (Ontario, Kanada) välillä. (Ks. kuva 7).

Tekijät ovat tyytyväisiä malliinsa, jolla päästään ennusteissa vuositason 1....5 % virhetasolle. Maailman talouden nykyinen turbulenssisuus puoltaa ekonometristen muuttujien sisällyttämistä liikennemalleihin entistä paremmin.



Kuva 7. Ambassador sillan takaisinpäin ennusteet (backcast).

## 9 Olemmeko saavuttamassa liikenteen huipun? Henkilöliikenteen trendeistä kuudessa teollistuneessa maassa

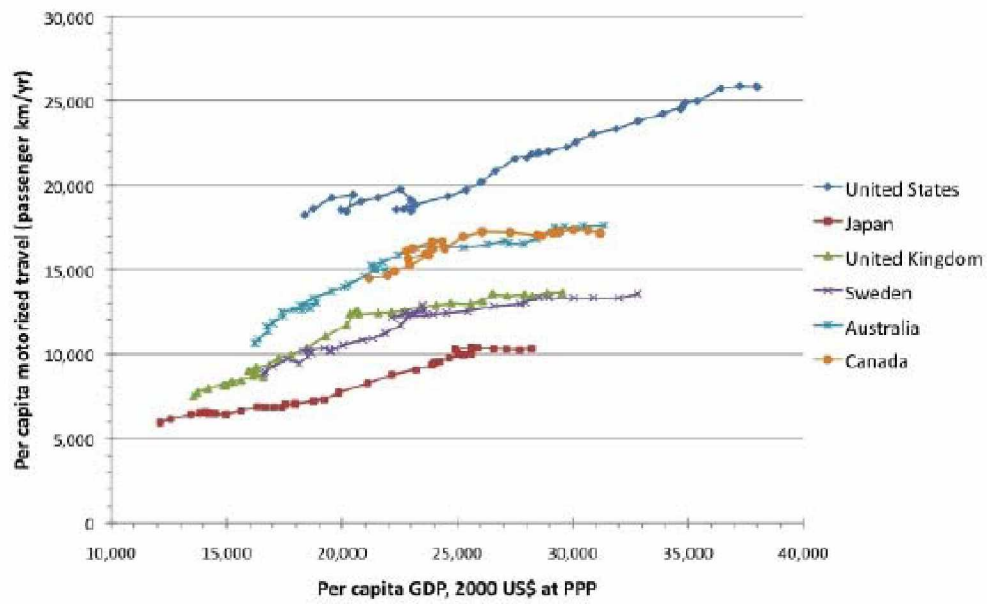
(Are We Reaching a Plateau or "Peak" Travel? Trends in Passenger Transport in Six Industrialized Countries) [PDF] Author: [Millard-Ball, Adam](#); [Schipper, Lee](#) Paper Number: [10-2711](#) Subject: [Social, Economic, and Cultural Issues](#); [Environment; Energy and Climate Change](#); [Investing in Our Transportation Future – BOLD Ideas to Meet BIG Challenges](#) Session: [441](#)

Teollistuneiden maiden energian käytön ja kasvihuonekaasujen ennusteet näyttävät tyypillisesti kasvua auton omistukselle, ajoneuvojen käytölle ja yleisesti liikenteen kysynnälle. Trendi 1970-luvulta aikaiselle 2000-luvulle näyttää jatkuvaa kasvua. Tässä esitelmässä on analysoitu henkilöliikenteen trendejä kuudessa teollistuneessa maassa. Jakamalla henkilöliikenteen energiankäyttö aktiviteetteihin, kulkutavoille ja energiatehokkuuteen, tekijät näyttävät, että kokonaisaktiviteetin kasvu on ollut vaikuttava tekijä kasvaneelle energian käytölle. Kasvanut energiatehokkuus on sitä hieman hillinnyt. Tekijät näyttävät, että kokonaisaktiviteetin kasvu on hidastunut suhteessa BKT:n kasvuun tutkituissa maissa. Tämän trendin jatkuessa on mahdollista, että jatkuva autojen energiatehokkuuden kasvu, henkilöiden kokonaismatkamäärien tasaantuminen, siirtyminen jossain määrin takaisin raiteille ja busseihin sekä ainakin jossain määrin vähemmän hiiltä sisältävät polttoaineet (per energiayksikkö) auttavat saamaan päästöjen absoluuttiset määrät alemmalle tasolle v. 2020 tai 2030 kuin nykyään.

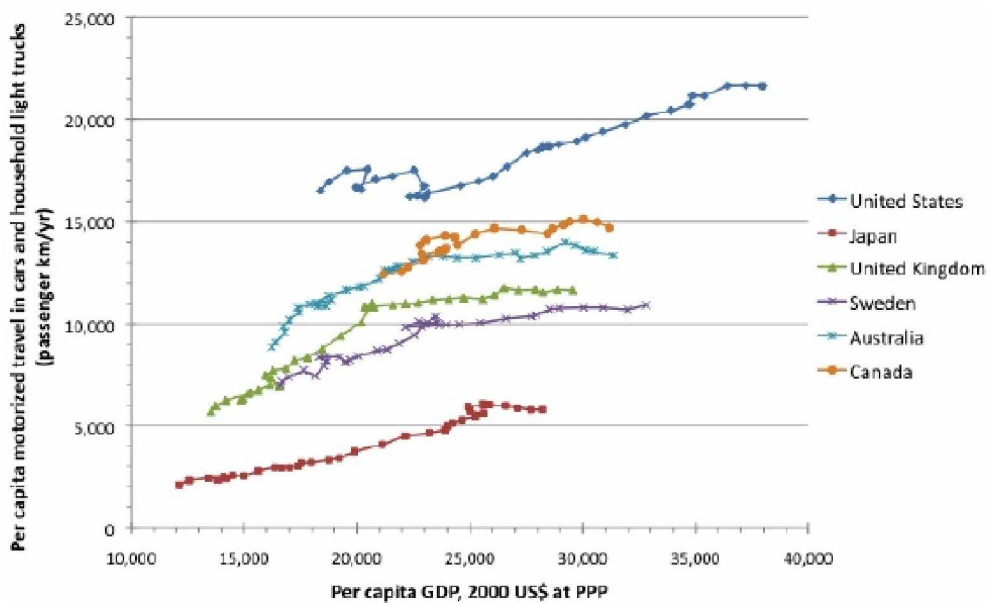
Seuraavassa vertailukuvia maiden liikenteen kehittymisestä eri tunnuslukujen valossa:

- Moottoroitu henkilömatkasuorite (hlökm/a) vs. BKT:n kehitys per capita vv. 1970...2006 (kuva 8)
- Vastaava suorite kotitalouksien autoilla ja kevyillä kuorma-autoilla (pick-up) (kuva 9)
- Henkilöautojen ja pick upien matkasuorite (ajonkm/a) vs. BKT:n kehitys per capita vv. 1970...2006 (kuva 10)
- Autotiheys (Henkilöautojen ja pick-upien, ajoneuvoja/1000 as) vs. BKT:n kehitys per capita vv. 1970...2006 (kuva 11)
- Kotimaan lentoliikenteen suorite (matkustajakm/a) vs. BKT:n kehitys per capita vv. 1970...2006 (kuva 12)
- Bussien ja junien matkustajasuoritteiden (matkustajakm) osuus (%) kokonaissuoritteesta vs. BKT:n kehitys per capita vv. 1970...2006 (kuva 13)
- Henkilöautojen ja pick-upien energiatehokkuuden (energiankulutus/ajonkm) kehitys vv. 1970...2006 (kuva 14)
- Energiankulutus/henkilömatkasuorite (MJ/matkustajakm), kehitys vv. 1970...2006 (kuva 15).

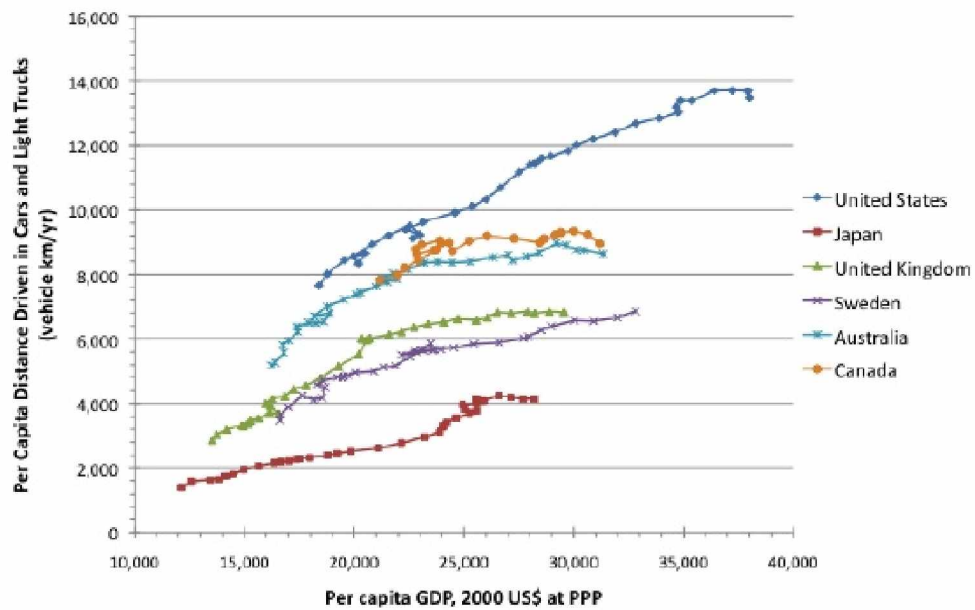




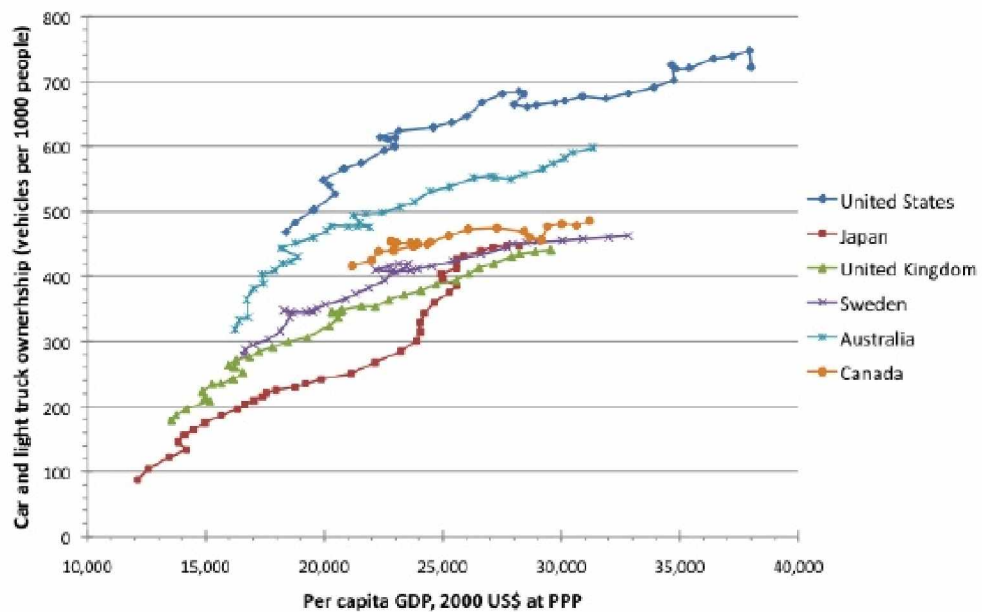
Kuva 8. Moottoroitu henkilömatkasuorite (hlökm/a) suhteessa BKT:n/hlö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.



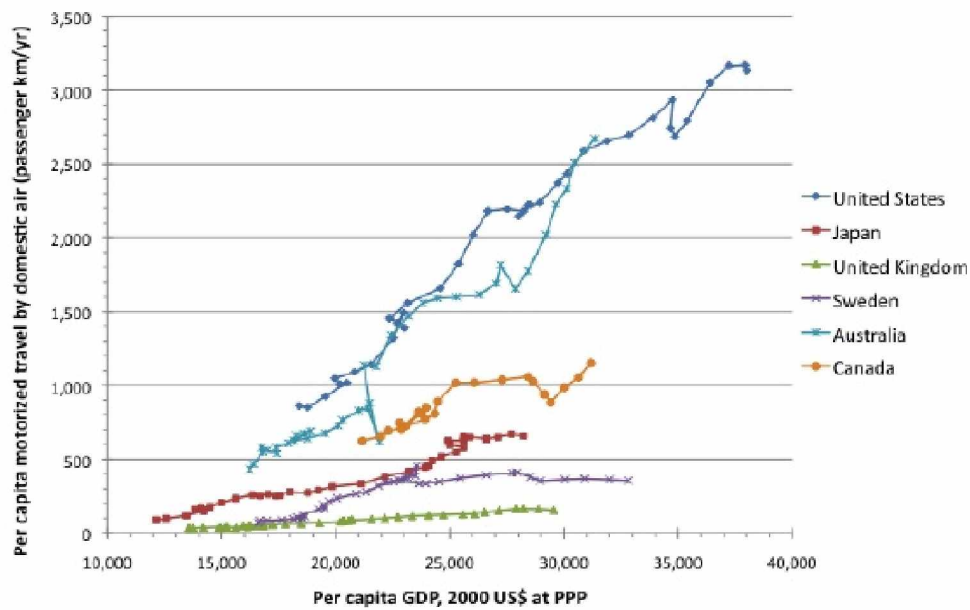
Kuva 9. Autojen ja pickupien henkilömatkasuorite (hlökm/a) suhteessa BKT:n/hkö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.



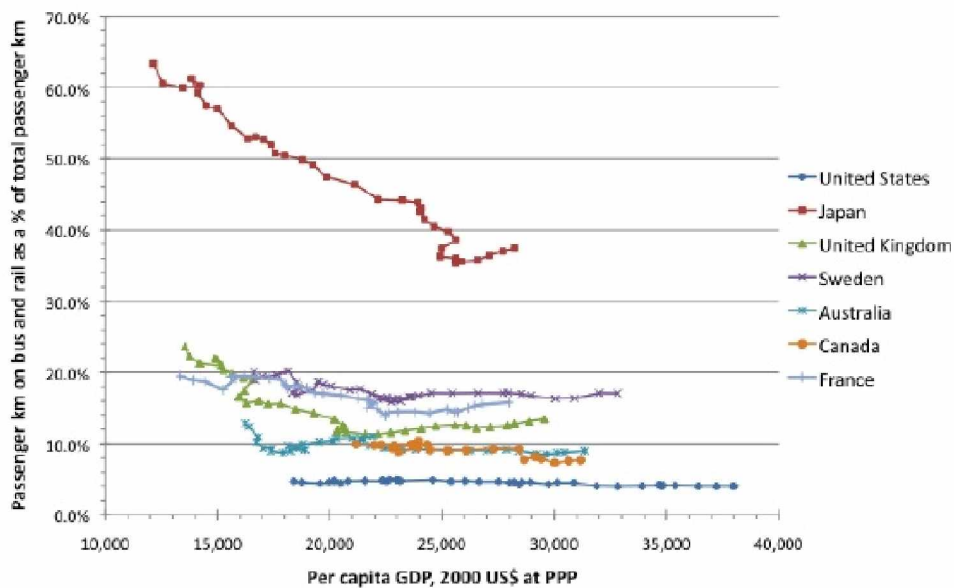
Kuva 10. Autojen ja pick-upien ajosuorite (ajokm/a) suhteessa BKT:n/hlö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.



Kuva 11. Ajoneuvojen omistus (ajon/1000 hlöä) suhteessa BKT:n/hlö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.

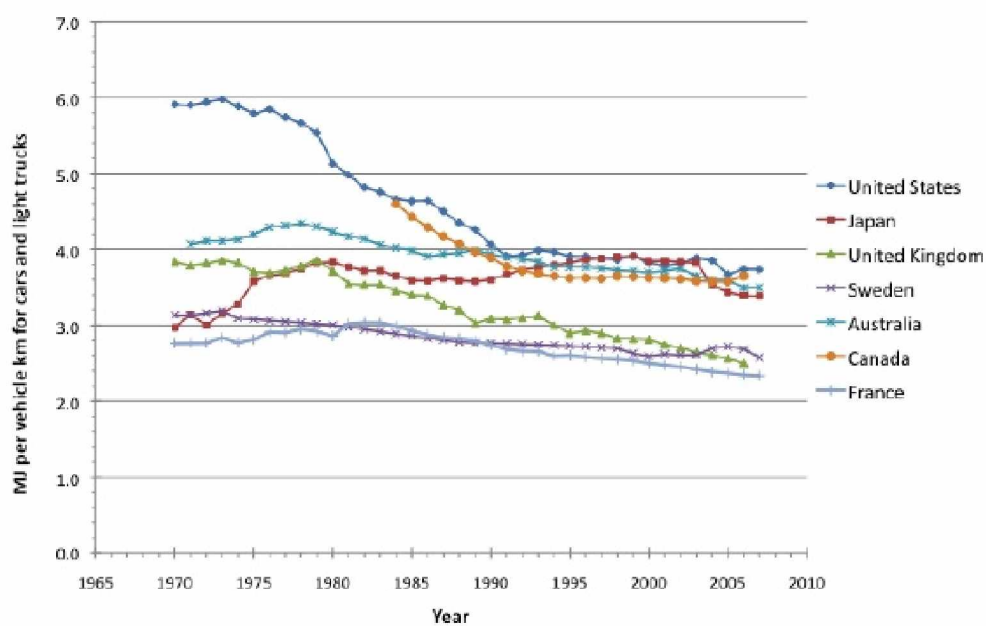


Kuva 12. Lentoliikenteen kehitys (matkustajakm/a) suhteessa BKT:n/hlö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.

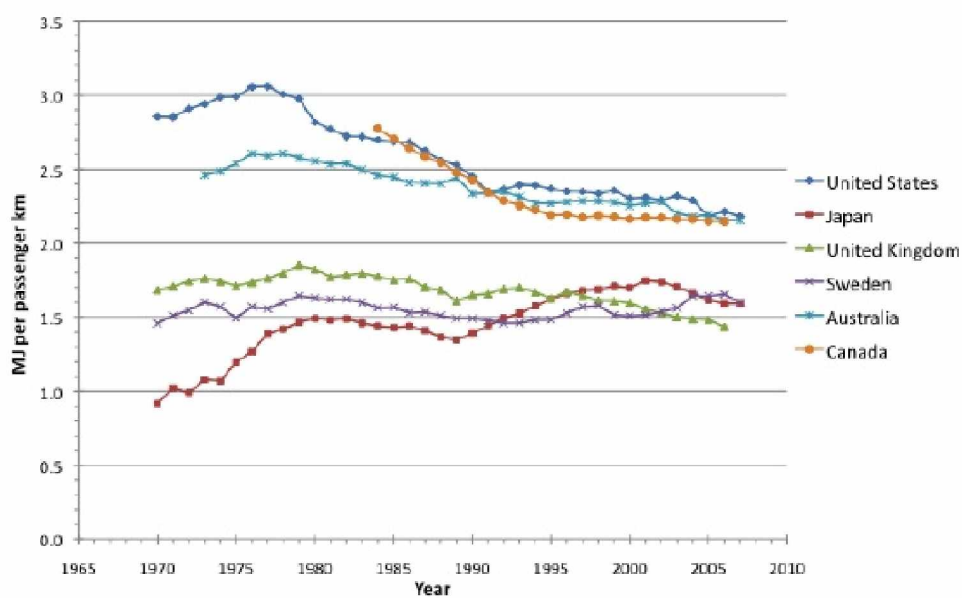


Kuva 13. Junien ja bussien matkustajasuoritteiden osuuden kehitys kaikesta kokonaismatkustajasuoritteesta suhteessa BKT:n/hlö kasvuun vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.





Kuva 14. Energian kulutuksen kehitys suhteessa ajoneuvosuoritteeseen (MJ/ajonkm) vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.



Kuva 15. Energian kulutuksen kehitys suhteessa matkustajasuoritteeseen (MJ/matkustajakm) vv. 1970...2006 eräissä teollistuneissa maissa.

## 9.1 Johtopäätökset

Vertailun ensimmäinen johtopäätös on, että kotimaan kokonaismatkustuksen kasvu on hidastunut suhteessa BKT:een ja jopa vähentynyt asukasta kohti eräissä maissa. Ero on huomattava verrattuna kovaan kasvuun 1970 luvulla ja aiemmin. Suurin osa kasvusta on aiheutunut autoilusta ja kotimaan lentoliikenteestä.

Autojen energiatehokkuus, joka on päätekijä liikenteen energiankulutuksessa ja CO<sub>2</sub>-päästöissä, on parantunut jokaisessa maassa paitsi Japanissa 1990 jälkeen (Japanisakin tilanne on parantunut 2000 jälkeen). Autojen parantuva energiatehokkuus, matkojen määrän tasaantuminen per capita ja pieni siirtymä takaisin autoista joukko-liikenteeseen (bussi, juna) ja jonkin verran vähempipäästöiset polttoaineet ovat saataneet auttaa pitämään päästöjen absoluuttiset määrät v. 2020 tai v. 2030 alle nykyisen tason. Saavutetaanko vielä kunnianhimoisempia tavoitteita riippuu siitä, kuinka paljon vähemmän hiiltä (CO<sub>2</sub>) matkustajakilometriä kohti liikenteessä tuotetaan. Myös kokonaisaktiiviteetin määrä vaikuttaa asiaan.

Tutkimuksessa ei perehdytty tarkemmin siihen, miksi eri maissa matkustamisen määrä ja autojen polttoainetalous on niin erilainen. Polttoaineen hinnalla on kuitenkin varmasti vaikutusta asiaan samoin kuin kulkutapajakaumaan. Maantieteellä, alue-/kaupunkirakenteella sekä infrastruktuurilla on samoin vaikutusta. Väestön ikärakenne vaikuttanee myös. Seikka, että autonkäyttö on tasaantunut tai jopa vähentynyt kaikissa tutkituissa maissa, viittaa jonkinlaiseen liikenteen määrän (per capita) huipun saavuttamiseen. Asian varmentaminen vaatii lisätutkimusta. Voidaan kuitenkin todeta, että aikaisemmin (malleissakin) oletettuun liikenteen jatkuvaan kasvuun tulee suhtautua hyvin varauksellisesti.

## 10 Kalifornian integroidun maankäyttö- ja liikennemallin kehittämisestä

(*Developing California Integrated Land Use and Transportation Model*) [[PDF](#)] Author: [Gao, Shengyi](#); [Lehmer, Eric](#); [Wang, Yang](#); [McCoy, Michael](#); [Johnston, Robert](#); [Hunt, John](#); [Abraham, John](#) Paper Number: [10-2894](#) Subject: [Travel Analysis Methods](#); [AICP Certification Maintenance Session](#) Session: [721](#)

Esitelmässä kerrotaan monivuotisesta kehitysprojektista, jossa luotiin integroitu maankäyttö- ja liikennemalli, ja sen ensimmäisistä testituloksista. Esille tulleita ongelmia kosketellaan myös sekä tulevaisuuden toimenpiteitä.

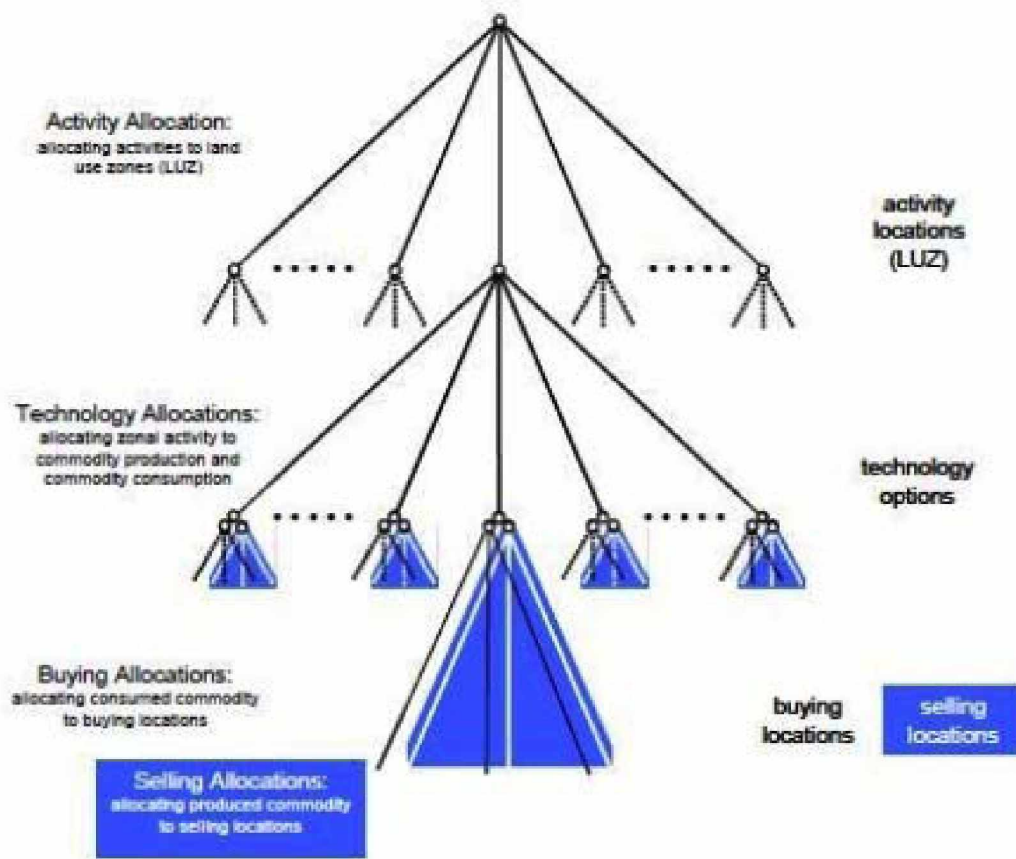
Paineet maankäyttömallien käyttöön tulee lainsäädännöstä: SAFETEA-LU (Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act: A legacy for Users) painottaa ja rohkaisee metropolialueiden suunnitteluorganisaatioita käyttämään maankäyttömalleja, jotta ne pystyvät käsittelemään talouden, maankäytön ja liikenteen vuorovaikutuksia.

Kalifornian liikenneministeriö (Caltrans) alkoi v. 2004 etsiä mallia, joka pystyisi käsittelemään edellä mainittuja seikkoja osavaltion tasolla. Perusteellisen arvioinnin jälkeen se valitsi PECAS-mallin (Production, Exchange and Consumption Allocation System). Muitakin, kuten Suomessa käytössä ollutta Meplania harkittiin.

Caltransilla kesti kolme vuotta rakentaa PECAS-malli ja integroida se osavaltion liikennemalliin. Mallilla on tehty testiajoja ja se näyttää toimivan loogisesti: esim. korkeammat polttoaineen hinnat vaikuttavat maankäyttöön uskottavalla tavalla.

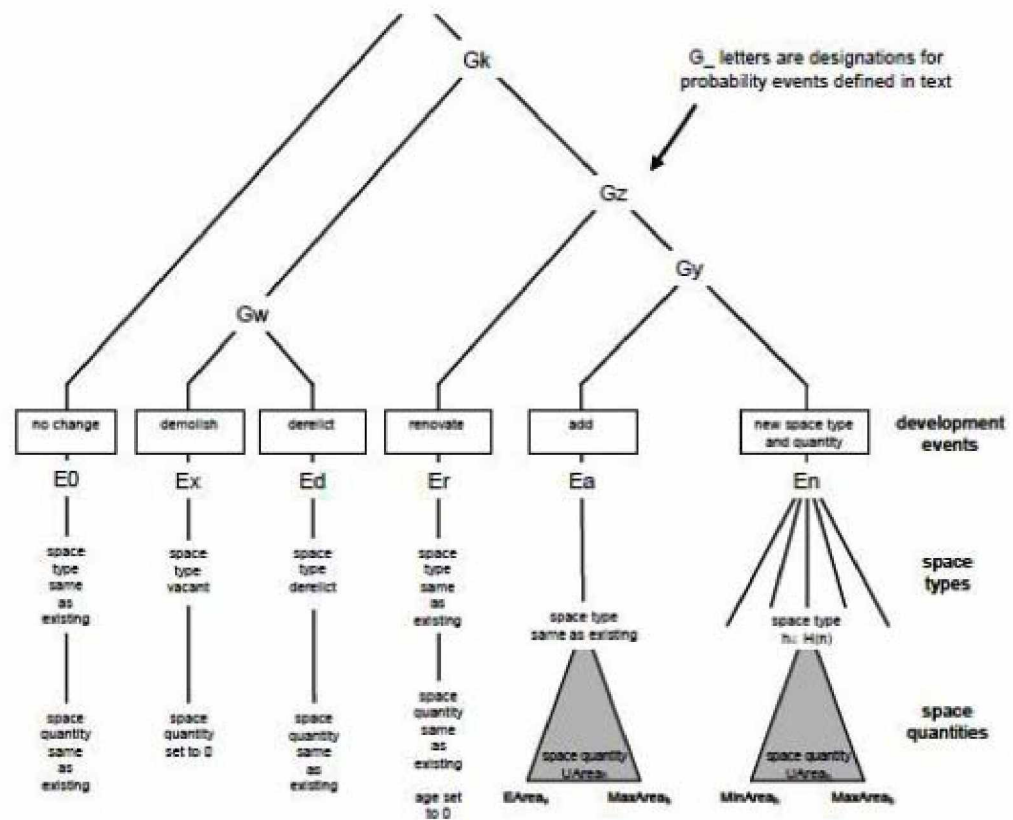
### 10.1 PECAS-malli

PECAS-mallissa on kaksi modulia: Aktiviteettien allokointi (AA) ja tilan kehittyminen (Space Development, SD). AA-moduli on rakenteeltaan nested-logit ja se allokoii tuotantoa ja kulutusaktiviteetteja maankäyttöalueille (LUZ). LUZ on itsessään aggregoitu liikenteen osa-alueista (TAZ).

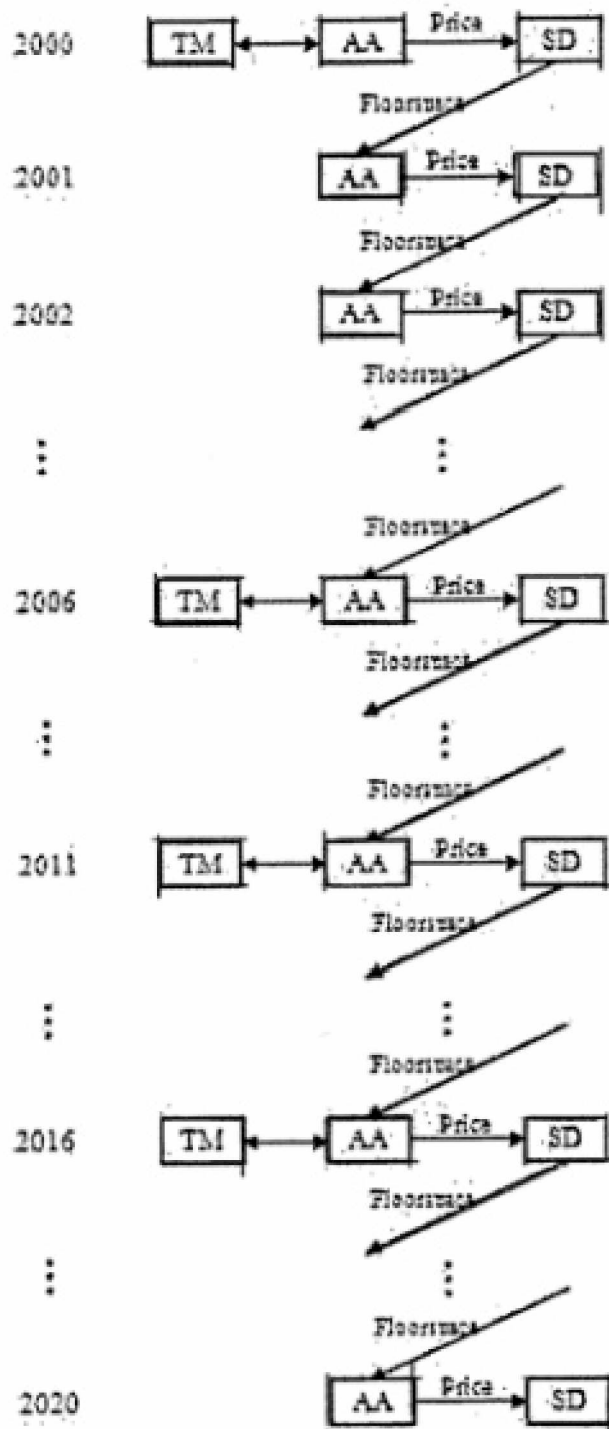


Kuva 16. PECAS-mallin aktiviteettien allokointimodulin (AA) nested-logit rakenne.

Tilan kehittymismoduli (SD) simuloi alueen kehittymistä 50 metrin ruuduissa ja se on myös nested-logit tyyppinen.



Kuva 17. Tilan kehittymismodulin (SD) nested-logit rakenne.



Kuva 18.

Aktiviteettien allokoinnin (AA) ja tilan kehittymisen (SD) modulien integrointi liikennemallin kanssa (TM).

## 10.2 Johtopäätökset

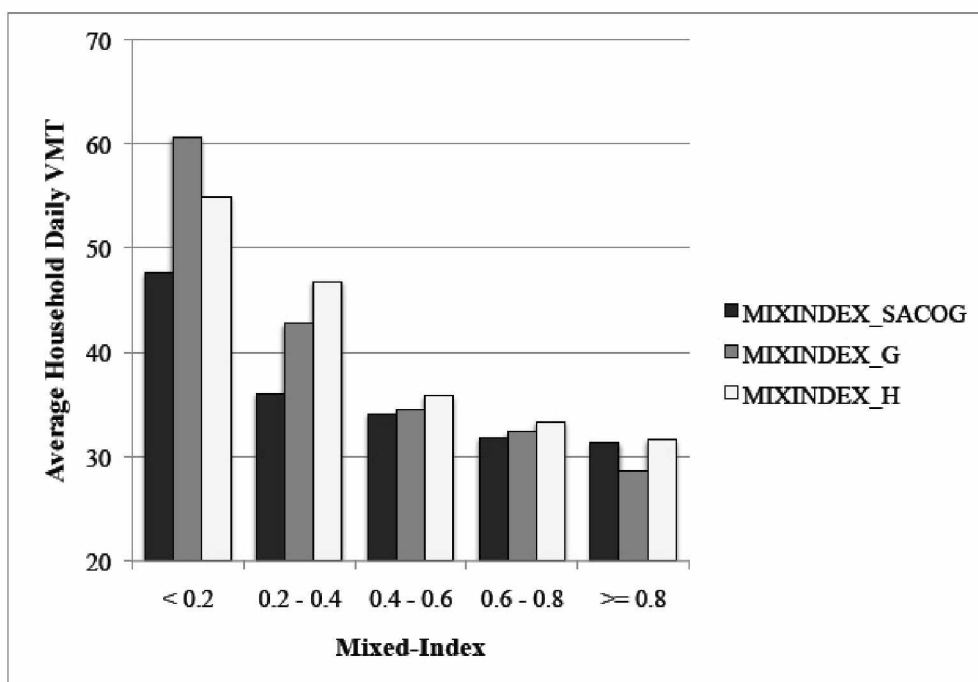
PECAS-mallin kehittäminen ja sen integroiminen liikennemalliin on ollut monimutkainen ja aikaa vievä projekti. Vaatimukset datan määrälle ja laadulle, kalibroinnille olivat erilaisia työn eri vaiheissa. Malli on saatu nyt kokeiluvaiheeseen. Ensimmäisiä huomioita on, että datan pitää olla konsistenttia, yhdenmukaista.

Mallia kehitetään edelleen ja nyt keskitytään parantamaan datan laatua kalibroimalla maankäyttömallia liikennemallin kanssa. Liikennemallia kehitetään "kiertomatka"-pohjaiseksi (tour based) ja siihen liittyy kaikkien matkojen dynaaminen sijoittelu osaluueittain. Tekstissä ei tarkemmin selitetty, mitä "dynaaminen" tässä tarkoittaa. Sen voi olettaa liittyvän matkojen lähtöaikaan osaluueelta ja mahdollisesti tähän liittyvään takaisinkytkentään verkon matka-ajoista.

## 11 Maankäytön moninaisuuden mittaamisesta ja sen korrelaatiosta ajosuoritteeseen

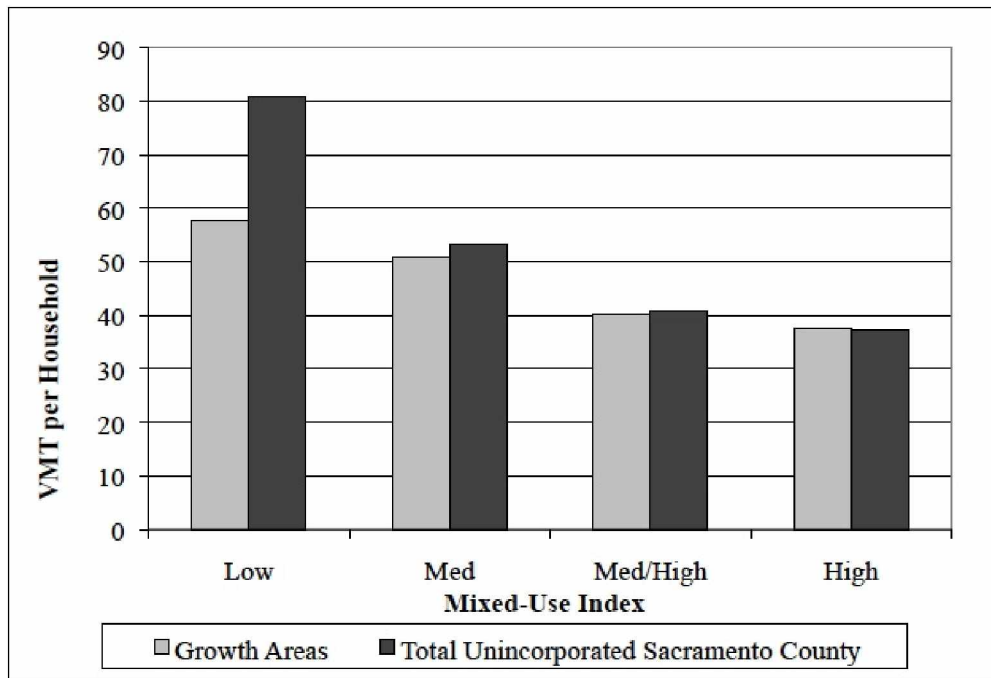
(Measuring Land Use Diversity and Correlating Its Relationship with VMT  
[PDF] Author: [Fugitt, Britt](#); [Shafizadeh, Kevan](#) Paper Number: [10-4039](#) Subject: [Systems Planning, Policy, and Process](#); [Travel Analysis Methods](#); [Transportation Policy](#) Session: [332](#))

Sacramenton alueen hallintoneuvosto (The Sacramento Area council of Governments, SACOG) on ollut kiinnostunut vähentämään ruokakuntien ajosuoritetta sekä nykyisillä että tulevilla alueilla. Esitelmässä kerrotaan yrityksestä kehittää SACOG:n maankäytön indeksiä (mix index) niin, että se auttaisi paremmin ymmärtämään maankäytön moninaisuuden suhdetta ajosuoritteeseen (VMT). Käytännössä luodaan malli, jossa ajosuoritetta selitetään maankäyttöindeksin avulla. Sen jälkeen mallin tuloksia voidaan verrata vastaaviin henkilöliikennetutkimuksen perusteella laskettuihin lukuihin.



Kuva 19. Keskimääräisen ajosuoritteen/ruokakunta suhde maankäytön mix-indeksiin (datajoukko A). G: säde 2 mailia, H: säde 0,5 mailia.





Kuva 20. Ruokakuntaakohtainen ajosuorite (ajonmailia/vrk) monikäyttöluokan (mix-index) mukaan Sacramenton päivitetyn yleiskaavan mukaan.

Tutkimuksen mukaan näyttää siltä, että monipuolinen maankäyttö tuottaa selkeästi vähemmän ajosuoritetta kuin yksipuolinen. Tutkimuksessa kehitettyä mallia voidaan käyttää Sacramenton maankäytön suunnittelussa erilaisten maankäyttövaihtoehtojen vaikutusarvioinneissa.

## 12 Yhteenveto Yhdysvaltain osavaltioiden liikennemalleista

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) on julkaissut yhteenvedon Yhdysvaltain osavaltioiden liikennemalleista: Statewide Travel Forecasting Models, NCHRP Synthesis 358 (Consultant: Alan Horowitz, 2006). Raportti antaa hyvän kuvan mallien tavoitteista ja käyttötavoista, alan tutkimuksesta, asiaan liittyvistä tietokannoista ja ennusteista. Raportissa on case studeina viiden osavaltion mallit tarkemmin esitettyinä (Kentucky, Indiana, Ohio, Virginia, Wisconsin). Raportissa on myös johtopäätökset ja suositukset.

Raportti antaa erittäin hyvän yleiskuvan laajojen liikennemallien tavoitteista, käytöstä ja käyttökohteista Yhdysvalloissa. Samat asiat pätevät varmasti myös Euroopassa, jossa esim. Ruotsissa on Sampersmalli vastaavassa käytössä.

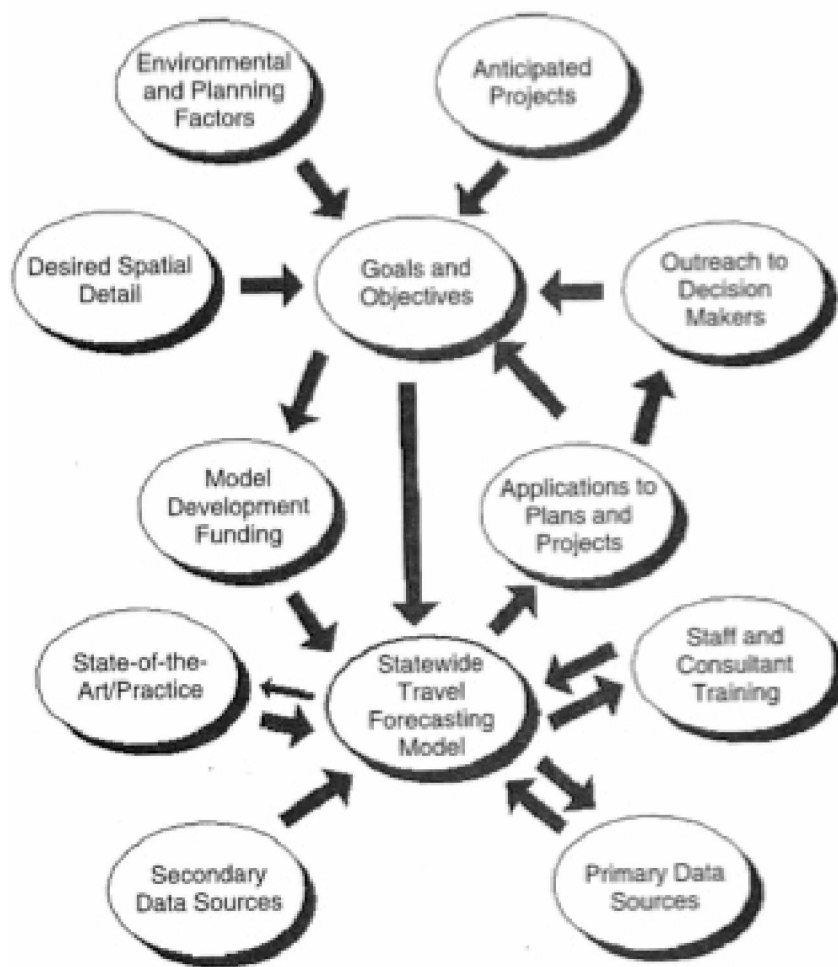
Noin puolessa osavaltioista on jollain tavalla toimiva liikennemalli (taulukko 2., v. 2005 tilanne), kolmasosalla ei ole minkäänlaista. Tyypillisesti liikennemallin kehittäminen on kestänyt muutaman vuoden ja kustannukset ovat olleet sadoista tuhansista dollareista 6 miljoonaan (Ohio).

*Taulukko 2. Osavaltioiden liikennemallien tilanne ja ominaisuudet, kevät 2005.*

STATUS OF STATEWIDE MODELING CAPABILITY, SPRING 2005

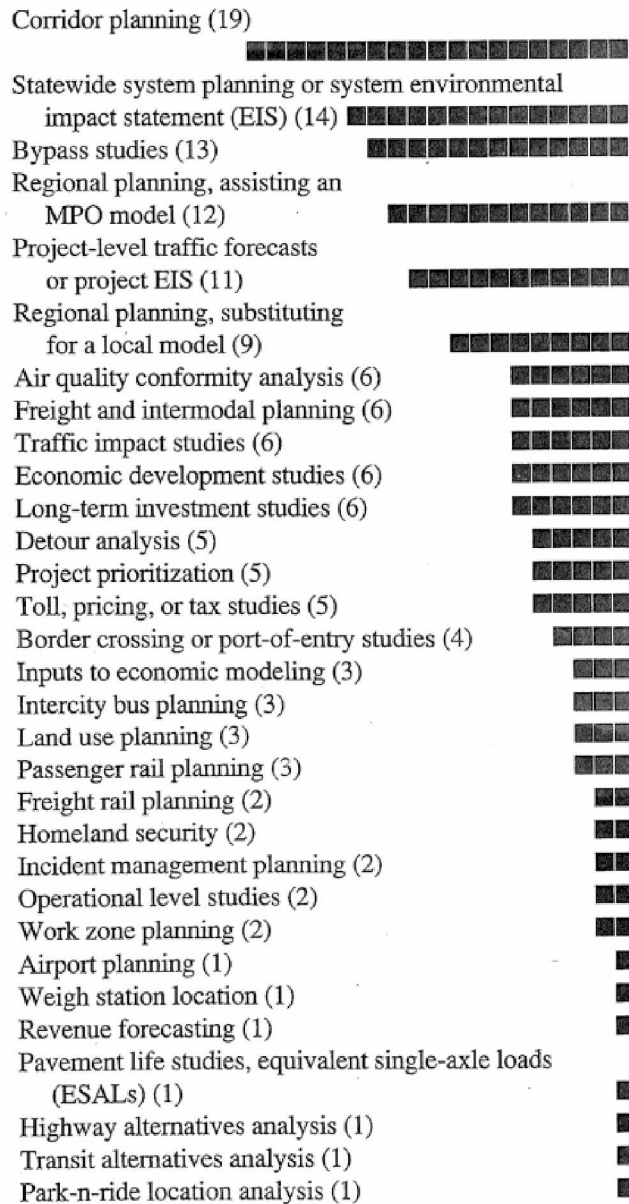
State	Model Condition	Cost	Development Time (years)	Comments
Alabama	None			
Alaska	None			
Arizona	None			
Arkansas	None			
California	Operational	\$200,000	2.4	
Colorado	None	\$400,000	1	
Connecticut	Operational			
Delaware	Operational			
District of Columbia	MPO model			
Florida	Operational	\$1,500,000	4	
Georgia	Operational	\$65,000	1	
Hawaii	None			Individual island models
Idaho	Dormant			
Illinois	Dormant			
Indiana	Operational	\$1,500,000	3	7 more years for various upgrades
Iowa	Developing	\$300,000	2	
Kansas	Developing			Has a dormant freight component
Kentucky	Operational	\$370,000	2	New model under development
Louisiana	Operational	\$500,000		Cost includes some applications
Maine	Operational	\$500,000	5	Being revised
Maryland	None			
Massachusetts	Revising	\$800,000		
Michigan	Operational	\$1,000,000	2	
Minnesota	Partial			
Mississippi	Developing			
Missouri	Operational	\$500,000		Revision completion soon
Montana	Operational			Freight only
Nebraska	Dormant			Base year model
Nevada	None			
New Hampshire	Revising	\$2,000,000		
New Jersey	Operational	\$500,000		Freight only
New Mexico	None			
New York	None			County-level OD assignment
North Carolina	None			
North Dakota	None			
Ohio	Operational	\$6,000,000	8	Being revised; \$3,500,000 for data
Oklahoma	None			
Oregon	Operational			Being revised
Pennsylvania	Developing			
Rhode Island	MPO model			
South Carolina	Operational	\$25,000	0.5	
South Dakota	None			Feasibility study being conducted
Tennessee	Developing			Based on OD table estimation
Texas	Operational	\$1,700,000	4	
Utah	None			
Vermont	Operational	\$730,000	2.5	
Virginia	Operational	\$1,500,000	3	
Washington	None			
West Virginia	None			
Wisconsin	Revising	\$850,000	2.5	
Wyoming	None			

Notes: MPO = metropolitan planning organization; OD origin-destination.



Kuva 21. Tyypillinen osavaltioiden liikennemallien kehitysprosessi.

Puolet mallien käyttökohteista on liittynyt korridorien suunnitteluun, osavaltion laajuisen liikennejärjestelmän analyysihin (ympäristö), ohitusväyliin, seudulliseen suunnitteluun ja projektien liikenne-ennusteisiin ja analyysihin. Sen lisäksi niitä on käytetty mm. taloudellisiin ja tavaraliikenteen analyysihin. (kuva 23).

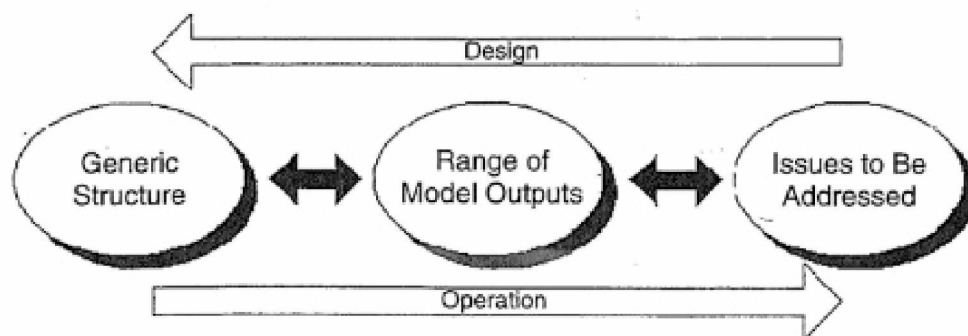


Kuva 22. Mallien käyttötarkoitukset Yhdysvaltojen osavaltioissa.

Mallien yleinen rakenne on kytköksissä niihin liikennepolitiikan asioihin, joita halutaan selvittää ja se määrittää, mitä ja minkälaisia tuloksia (output) mallien odotetaan tuottavan. (kuva 23)

Kuvassa 24 on esitetty mallien yleisen rakenteen suhdetta tulosteihin: esim. jos halutaan vastauksia liikenteen vaikutuksista yleiseen taloudelliseen kehitykseen, tarvitaan malli joka integroi maankäytön, henkilö- ja tavaraliikenteen ja kaikki kulkutavat. Trendianalyysi voi riittää tiekohtaisiin ennusteisiin (tierekisteri).

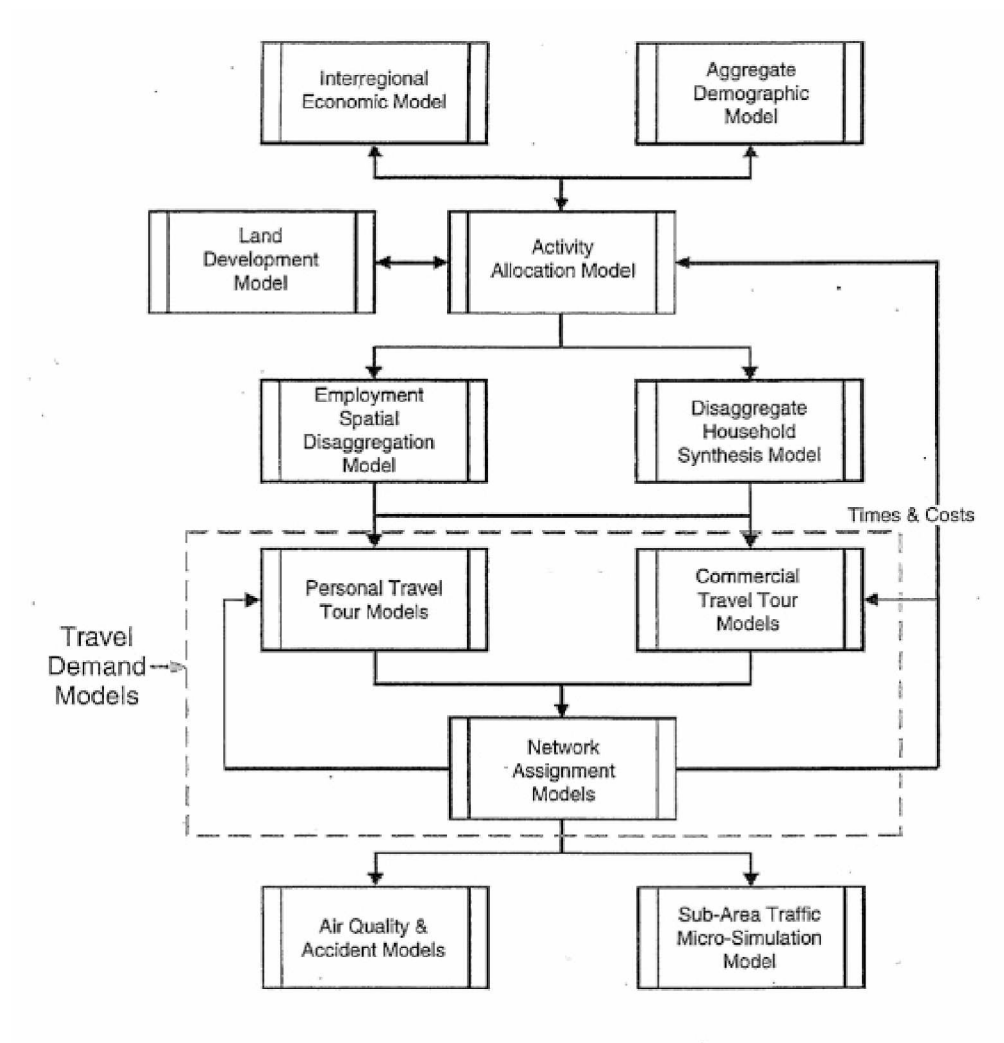
Esimerkkinä laajasta mallirakenteesta on Ohion liikennemalli, jossa kysyntä malli integroituu maankäyttö-, väestö- ja työllisyysmalleihin (kuva 25).



Kuva 23. Mallien yleinen rakenteen, liikennepolitiikan ja päätöksenteon suhde.

		Generic Structures					
		Trend Analysis	OD Table Estimation & Assignment	Freight Only	Passenger Only	Combined Passenger & Freight	Integrated Passenger, Freight & Economic Activity
Generalized Outputs	Individual Link ADT						
	Freight or Passenger Volumes Across State						
	Inputs to Traffic Operational Analysis						
	Details of Freight and Passenger Volumes						
	Transport Effect on Economic Development						

Kuva 24. Yleinen mallien rakenne ja käyttöalueet.



Kuva 25. Ohion osavaltion liikennemallin rakenne ja suhde muihin malleihin.







Liik  
enne  
vira  
sto

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-012-5

[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)